

**Státní úřad  
pro jadernou bezpečnost**

**jaderná  
bezpečnost**

**INES  
Mezinárodní stupnice  
hodnocení závažnosti jaderných  
a radiačních událostí**

*Uživatelská příručka*

**Překlad INES: The International Nuclear and  
Radiological Event Scale  
User's Manual  
2008 Edition  
Non-serial Publications**

**SÚJB  
leden 2016**

Jaderná bezpečnost

HODNOCENÍ ZÁVAŽNOSTI UDÁLOSTÍ V JADERNÝCH ZAŘÍZENÍCH, PŘÍRUČKA PRO  
HODNOCENÍ UDÁLOSTÍ DLE INES

Překlad INES: THE INTERNATIONAL NUCLEAR AND RADIOLOGICAL EVENT SCALE  
USER'S MANUAL

2008 EDITION

SAFETY CULTURE IN NUCLEAR INSTALLATIONS: GUIDANCE FOR USE IN THE  
ENHANCEMENT OF SAFETY CULTURE

IAEA, VIENNA, 2009

Vydal: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, leden 2016

Účelová publikace bez jazykové úpravy

# INES

## **Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných a radiačních událostí**

### Uživatelská příručka

Překlad vydání z roku 2009

Připraveno v SÚJB

Zpracováno jako společný dokument IAEA a OECD/NEA.

## INFORMACE O AUTORSKÝCH PRÁVECH

Všechny vědecké a technické publikace MAAE jsou chráněné ve smyslu Světové konvence o ochraně autorských práv, která byla přijata v r.1952 v Bernu a revidovaná v r.1972 v Paříži. Autorská práva byla od té doby rozšířena Světovou organizací duševního vlastnictví (Ženeva) a zahrnuje nyní i duševní vlastnictví uložené v elektronické nebo virtuální formě. Pro použití celých textů, nebo jejich částí, obsažených v tištěné nebo elektronické formě v publikacích MAAE, musí být získáno povolení, které je obvykle spojeno s dohodami o platbách. Návrhy na reprodukování a překlady jsou vítány a posuzovány případ od případu. Požadavky by měly být adresovány na publikační oddělení MAAE:

Sales and Promotion, Publishing Section  
International Atomic Energy Agency  
Wagramer Strasse 5  
P.O. Box 100  
1400 Vienna, Austria  
fax: +43 1 2600 29302  
tel.: +43 1 2600 22417  
email: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<http://www.iaea.org/books>

© IAEA, 2009

## ÚVODNÍ SLOVO K PŘEKLADU

Státní úřad pro jadernou bezpečnost publikoval překlad příručky „INES Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí” jako Uživatelskou příručku v edici Bezpečnostní návody (modrá řada se zeleným pruhem) v roce 2005. V roce 2008 provedla IAEA revizi tohoto dokumentu (INES MANUAL), v němž jsou zahrnuty zkušenosti z klasifikace INES nejen jaderných událostí, ale i událostí týkajících se radiační ochrany a nakládání s jadernými materiály podle předchozí revize příručky INES.

Tento překlad je určen především pro široké spektrum držitelů povolení v České republice, kterým by měl usnadnit hodnocení nestandardních událostí podle INES, ale může pomoci sdělovacím prostředkům i veřejnosti orientovat se v problematice hodnocení událostí podle INES.

Překlad dokumentu INES MANUAL v maximální míře zohledňuje terminologii, používanou v oblasti jaderné a radiační bezpečnosti, používanou českými subjekty. Nicméně, v případě pochybností o výkladu pojmů a popisů událostí je nutné srovnat text s textem originálu, vydaného IAEA.

Hranicí pro rozhodování, zda událost souvisí s jadernou nebo radiační bezpečností je stupeň 0 (slovní vyjádření “pod stupnicí”). Na události hodnocené „mimo stupnicí” (označení stupněm x) není stupnice INES aplikovatelná. Protože průběh této hranice není v originální příručce INES MANUAL jednoznačně stanoven, doplnil vydavatel českého překladu příručky INES MANUAL postup jak ji upřesnit. Jelikož tento postup není součástí originální příručky INES MANUAL, byl postup pro upřesnění dolní hranice INES zařazen do úvodní části návodu, před vlastní text překladu.

Podrobný popis a zdůvodnění postupu určení dolní hranice mezinárodní stupnice jaderných událostí INES publikoval jeho autor, Ing. Ferjenčík v článku Upřesnění dolní hranice stupnice INES, který vyšel v časopisu Bezpečnost jaderné energie, 2010, ročník 18 (56), číslo 9/10, str. 276-286. Český překlad i anglický originál příručky INES a další informace o systému NEWS jsou publikovány v elektronické formě na [www.sujb.cz](http://www.sujb.cz).

## PRAVIDLA PRO ROZHODOVÁNÍ O BEZPEČNOSTNÍ RELEVANCI UDÁLOSTÍ

1. Rychlé odstavení reaktoru nebo rychlé snižování výkonu limitačním systémem pomocí pádu skupiny regulačních orgánů se pokládá vždy za symptom narušení bezpečnostní funkce (a). Všechny události, při nichž došlo k působení těchto náhlých zásahů do výkonu reaktoru, mají vztah k bezpečnosti.
2. Aby událost mohla mít vztah k bezpečnosti, musí při ní dojít k narušení plnění funkce nějaké zábrany. Někdy hraje roli i míra narušení. Tak například narušení funkce pasivní zábrany (netěsnost, únik) v místě, kde se nějaké narušení připouští, a v míře, která je hluboko (řádově) pod limitem pro zásah, není nutno pokládat za narušení plnění funkce a nemá tedy vztah k bezpečnosti.
3. Aby událost mohla mít vztah k bezpečnosti, musí narušení plnění funkce, ke kterému při ní došlo, narušit plnění aspoň jedné z bezpečnostních funkcí (a) až (c). Za narušení plnění se pokládá narušení plnění funkce kterékoli ze zábran, které k plnění bezpečnostní funkce přispívají. Takže stačí, když dojde například k narušení podpory jedné z redundantních zábran přispívajících k plnění bezpečnostní funkce.
4. K tomu, aby událost byla bezpečnostně relevantní, nestačí, aby narušila plnění bezpečnostní funkce. Musí být splněna ještě jedna ze dvou následujících podmínek. Buď při ní došlo k narušení plnění funkce poslední zábrany plnění bezpečnostní funkce. Nebo při ní nedošlo k narušení plnění funkce poslední zábrany plnění bezpečnostní funkce, ale účastnil se při ní přídavný faktor.
  - 4.1. Určení posledních zábran pro funkci přispívající k plnění bezpečnostních funkcí:

Určují se s ohledem na požadavky, limity a podmínky provozního režimu aktuálního v okamžiku vzniku události. V případě aktivních funkcí přispívajících k (a) a (b) určení posledních zábran s režimem provozu obvykle souvisí, v případě pasivních funkcí pro (a) a (b) (celistvost hranic) a funkce (c) nehraje obvykle při určování posledních zábran režim roli.
  - 4.2. Výskyt přídavných faktorů při události:

Za přídavné faktory, které se berou v úvahu podle pravidla 4, se považují: vícenásobné poruchy se společnou příčinou, vady postupů a nedostatky v kultuře bezpečnosti. Přitom za příznaky nedostatků v kultuře bezpečnosti se pokládají především: porušení limitů a podmínek nebo svévolná porušení předpisů, nedostatky v zajišťování jakosti, nahromadění lidských chyb, selhání udržování přiměřeného dohledu nad radioaktivními materiály včetně úniků do prostředí nebo závad v dozimetrických systémech, opakování události indikující, že po první události nebyla vyvozena možná poučení nebo že nebyly uskutečněny nápravné akce.
5. Narušení zábran zjištěná při kontrolních operacích:

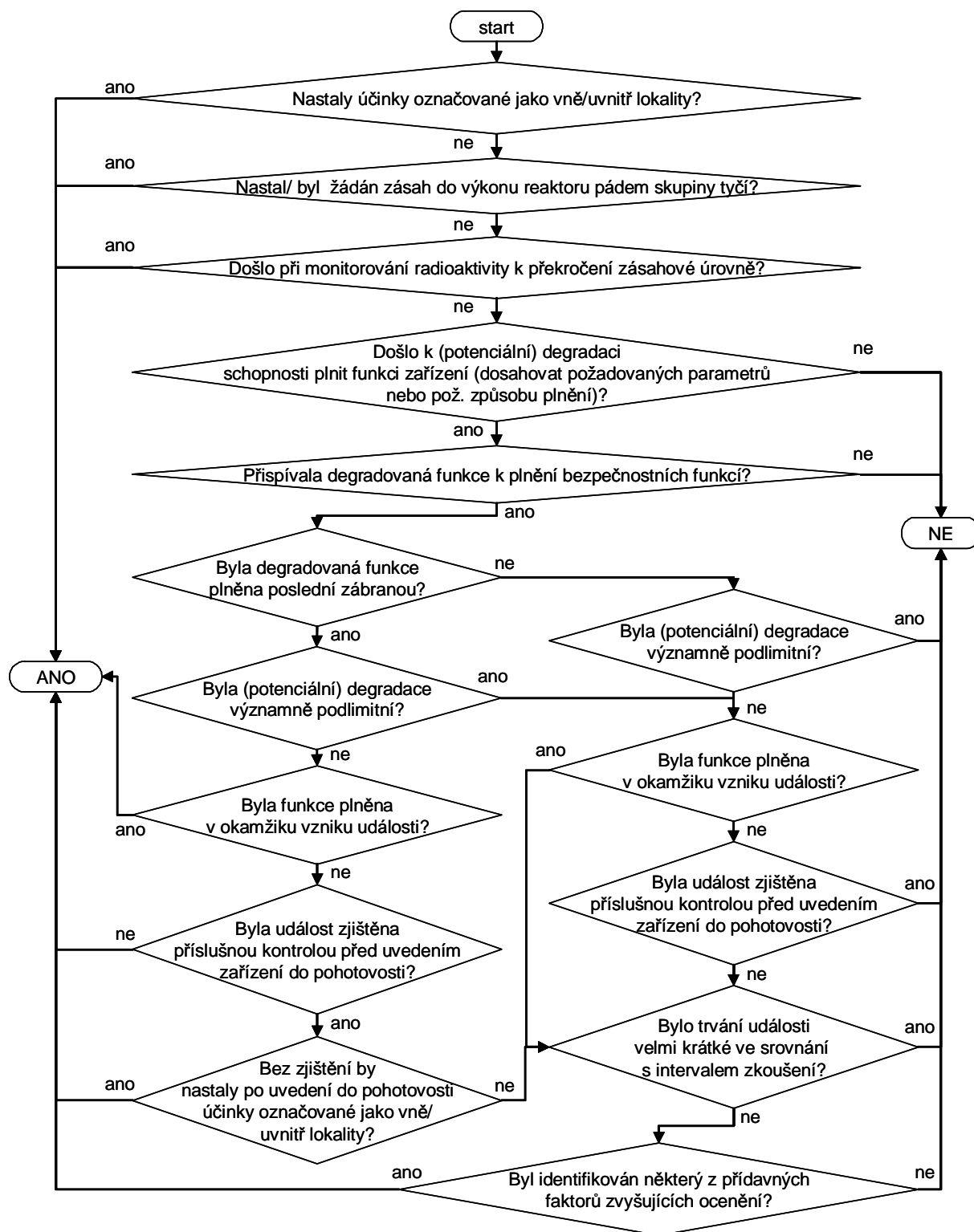
Bylo-li narušení zjištěno při kontrolní operaci zaměřené na tento druh narušení před uvedením zábrany do provozu či pohotovosti k provozu, a pokud narušení neexistovalo za provozu (pohotovosti k provozu), pak tato okolnost snižuje bezpečnostní relevanci události. Došlo-li ke zjištění náhodně při operaci zaměřené na jiný účel, pak to vztah k bezpečnosti nemění.

6. Krátké trvání degradace:  
Narušení příspěvku k plnění bezpečnostní funkce bez uplatnění přidavných faktorů na relativně velmi krátkou dobu ve srovnání s intervalem zkoušení zábrany snižuje bezpečnostní relevanci události.

***Diagram pro rozhodování o bezpečnostní relevanci událostí:***

Vývojový diagram, který je uveden na Obrázku I, odpovídá na úvodní otázku v diagramu na Obr. 4 v překladu příručky INES MANUAL, zda událost souvisí s radiační nebo jadernou bezpečností. Diagram postupně aplikuje všechna pravidla pro rozhodování o bezpečnostní relevanci událostí. Vývojový diagram má dva koncové body. ANO znamená, že je stupeň INES 0 nebo větší a událost je tedy bezpečnostně relevantní. NE znamená, že událost nemá vztah k bezpečnosti a přísluší jí tedy INES x.

Obrázek I: Vývojový diagram: Je INES aplikovatelná? Má událost vztah k bezpečnosti?





## PŘEDMLUVA IAEA

Potřeba rychlého oznamování významnosti událostí, které se vztahují k provozu jaderných zařízení, nebo k provádění činností, které vedou k růstu radiačních rizik, vznikla, v osmdesátých letech minulého století následně po některých nehodách v jaderných zařízeních, které přitahovaly pozornost mezinárodních sdělovacích prostředků. Jako odezva na tuto skutečnost, a na základě předešlých národních zkušeností v některých zemích, byly udělány návrhy na vývoj mezinárodní stupnice pro hodnocení událostí, podobné stupnicím používaným již v jiných oblastech (takovou stupnicí je např. stupnice pro srovnání účinků velmi vážných zemětřesení). Stupnice měla být také taková, aby komunikace o radiačních rizicích, spojených s konkrétní událostí, mohla být vedena tak, aby předávaná sdělení z jedné země do druhé byla konzistentní.

Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (INES – The International Nuclear Event Scale) byla v roce 1990 zavedena mezinárodními experty svolanými Mezinárodní agenturou pro jadernou energii (MAAE) a Agenturou pro jadernou energii Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD/NEA) s cílem oznamování bezpečnostní významnosti událostí v jaderných zařízeních. Od té doby byla stupnice INES rozšířena, aby splňovala rostoucí potřebu komunikace o významnosti jakékoliv události, která vyvolává radiační nebezpečí. S cílem přiblížit se lépe očekávání veřejnosti byla stupnice v r.1992 upřesněna a rozšířena tak, aby byla aplikovatelná i na události spojené s radioaktivními látkami a/nebo se zářením, včetně přepravy radioaktivních látek. V r. 2001 byla vydána aktualizovaná Uživatelská příručka INES, která ujasňuje použití stupnice INES a upřesňuje hodnocení událostí spojených s přepravou a událostí, týkajících se palivového cyklu. Připouštělo se však, že je nutný další návod a práce už probíhaly, zejména v souvislosti s událostmi týkajícími se přepravy. Další práce o možných a skutečných následcích událostí se zdroji záření a událostí vztahovaných k přepravě probíhaly ve Francii a ve Španělsku. Na žádost členů INES koordinovala MAAE a sekretariát OECD/NEA přípravu integrovaného manuálu poskytujícího dodatečný návod pro hodnocení jakékoliv události spojené se zdroji záření a přepravou radioaktivních látek.

Toto nové vydání Uživatelské příručky INES respektuje dodatečný návod a vysvětlení a poskytuje příklady a poznámky k pokračujícímu používání stupnice INES. Tento dokument nahrazuje předchozí vydání této publikace. Poskytuje kritéria pro hodnocení jakékoliv události spojené se zářením a radioaktivními látkami včetně událostí týkajících se přepravy. Manuál je uspořádán tak, aby usnadnil úkol těm, od nichž se požaduje, aby s použitím stupnice INES hodnotili bezpečnostní význam událostí pro komunikaci s veřejností.

Komunikační síť INES v současné době přijímá a šíří informace o událostech a jim příslušných hodnoceních dle stupnice INES všem národním koordinátorům INES (INES National Officers) ve více než šedesáti členských zemích MAAE. Všechny zúčastněné státy v rámci INES si vytvořily vlastní interní sítě, které zajišťují, aby veškeré události byly okamžitě hodnoceny a oznamovány uvnitř, nebo vně těchto zemí. MAAE na požádání zabezpečuje výcvikové služby k používání INES a pobízí členské státy MAAE, aby se připojily k tomuto systému.

Tento Manuál je výsledkem úsilí Poradního výboru INES (INES Advisory Committee) a národních koordinátorů INES reprezentujících členské státy INES.

Příspěvky všech zúčastněných na zpracování pracovních verzí a revizí příručky jsou vysoce ceněny. MAAE a OECD/NEA si dovoluje vyjádřit svou vděčnost členům Poradního výboru INES za jejich zvláštní úsilí při revizi této publikace. MAAE vyjadřuje svou vděčnost za pomoc při přípravě této publikace S. Mortinovi a za spolupráci J. Gauvainovi, jeho protějšku z OECD/NEA. MAAE také vyjadřuje svou vděčnost vládě Španělska a USA za poskytnutí mimorozpočtových prostředků.

Pracovníkem MAAE, odpovědným za tuto publikaci, byla R. Spiegelberg Planer z Oddělení jaderné bezpečnosti.

### POZNÁMKY VYDAVATELE

*Ačkoliv bylo přesnosti informací, obsažených v této publikaci, věnováno velké úsilí, ani IAEA, ani její členské státy nenesou žádnou zodpovědnost za následky, které mohou vyplynout z jejího používání.*

*Použití označení konkrétních zemí, nebo teritorií, neznamená žádný názor vydavatele a IAEA na právní status těchto zemí a teritorií, na jejich úřady a instituce, ani na vymezení jejich hranic.*

*Zmínky o konkrétních názvech společností nebo produktů (ať již jsou či nejsou vedeny jako registrované), nemají v žádném případě v úmyslu porušit vlastnická práva, ani by neměly být brány jako podpora nebo doporučení ze strany IAEA.*

**OBSAH**

ÚVODNÍ SLOVO K PŘEKLADU .....	3
PRAVIDLA PRO ROZHODOVÁNÍ O BEZPEČNOSTNÍ RELEVANCI UDÁLOSTÍ .....	4
Diagram pro rozhodování o bezpečnostní relevanci událostí: .....	5
PŘEDMLUVA IAEA .....	2
OBSAH .....	4
1. SOUHRN O STUPNICI INES .....	7
1.1. ÚVOD .....	7
1.2. OBECNÝ POPIS STUPNICE .....	7
1.3. ROZSAH STUPNICE .....	8
1.4. PRINCIPY KRITÉRIÍ INES .....	10
1.4.1. Obyvatelé a životní prostředí .....	10
1.4.2. Radiační bariéry a opatření .....	10
1.4.3. Ochrana do hloubky .....	11
1.4.4. Konečné hodnocení .....	12
1.5. UŽITÍ STUPNICE .....	12
1.6. OZNAMOVÁNÍ INFORMACÍ O UDÁLOSTECH .....	13
1.6.1. Obecné principy .....	13
1.6.2. Mezinárodní komunikace .....	14
1.7. STRUKTURA MANUÁLU .....	16
2. DOPAD NA OBYVATELE A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....	17
2.1. OBECNÝ POPIS .....	17
2.2. UVOLNĚNÁ AKTIVITA .....	17
2.2.1. Metody pro posuzování úniků .....	18
2.2.2. Definice Úrovní založená na uvolněné aktivitě .....	19
2.3. DÁVKY PRO JEDNOTLIVCE .....	20
2.3.1. Kriteria pro hodnocení minimální klasifikace, je-li ozářena jedna osoba .....	20
2.3.2. Kriteria pro zahrnutí počtu ozářených osob .....	21
2.3.3. Metodika odhadu dávky .....	22
2.3.4. Souhrn .....	22
2.4. PRACOVNÍ PŘÍKLADY .....	23
3. DOPAD NA RADIAČNÍ BARIÉRY A OPATŘENÍ NA ZAŘÍZENÍ .....	29
3.1. OBECNÝ POPIS .....	29
3.2. DEFINICE ÚROVNÍ .....	30
3.3. VÝPOČET RADIAČNÍHO EKIVALENTU .....	32
3.4. PRACOVNÍ PŘÍKLADY .....	32
4. POSOUZENÍ DOPADU NA OCHRANU DO HLOUBKY PRO UDÁLOSTI SPOJENÉ S PŘEPRAVOU A ZDROJI ZÁŘENÍ .....	38
4.1. OBECNÉ ZÁSADY PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ .....	38
4.2. DETAILNÍ NÁVOD PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ .....	39
4.2.1. Zjištění maximálně možných následků .....	39
4.2.2. Klasifikace založená na účinnosti bezpečnostních opatření .....	41
4.2.2.1. Úvaha o zahrnutí kultury bezpečnosti .....	42
4.2.2.2. Události zahrnující ztracený nebo nalezený radionuklidový zářič /zařízení .....	42
4.2.2.3. Události zahrnující degradaci bezpečnostních opatření .....	43
4.2.2.4. Jiné bezpečnostně relevantní události .....	47
4.3. PRACOVNÍ PŘÍKLADY .....	49
5. POSOUZENÍ DOPADU NA OCHRANU DO HLOUBKY PRO UDÁLOSTI NA ENERGETICKÝCH REAKTORECH NA VÝKONU .....	59

5.1.	ZJIŠTĚNÍ ZÁKLADNÍ KLASIFIKACE SE ZOHLEDNĚNÍM ÚČINNOSTI BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ .....	60
5.1.1.	Zjištění frekvence iniciátoru.....	61
5.1.2.	Bezpečnostní funkce provozuschopnosti .....	62
5.1.3.	Vyhodnocení základní klasifikace pro události se skutečným iniciátorem.....	64
5.1.3.1.	<i>Základy klasifikace</i> .....	64
5.1.3.2.	<i>Postup klasifikace</i> .....	65
5.1.4.	Vyhodnocení základní klasifikace pro události bez skutečného iniciátoru .....	66
5.1.4.1.	<i>Základy klasifikace</i> .....	66
5.1.4.2.	<i>Postup klasifikace</i> .....	67
5.1.5.	Potenciální události (včetně konstrukčních vad) .....	68
5.1.6.	Události Pod stupnicí/Stupeň 0 .....	69
5.2.	ZVAŽOVÁNÍ PŘÍDAVNÝCH FAKTORŮ.....	69
5.2.1.	Poruchy se společnou příčinou (Common Cause Failures – CCF).....	70
5.2.2.	Nedostatky postupů .....	70
5.2.3.	Otázky kultury bezpečnosti .....	71
5.2.3.1.	<i>Porušení provozních limitů a podmínek (LaP - OL &amp; C)</i> .....	71
5.2.3.2.	<i>Jiné otázky kultury bezpečnosti</i> .....	71
5.3.	PRACOVNÍ PŘÍKLADY .....	72
6.	POSOUZENÍ DOPADU NA OCHRANU DO HLOUBKY PRO UDÁLOSTI V URČENÝCH ZAŘÍZENÍCH .....	88
6.1.	OBECNÉ ZÁSADY PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ.....	88
6.2.	DETAILNÍ NÁVOD PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ .....	89
6.2.1.	Určení maximálních možných následků.....	89
6.2.2.	Určení počtu bezpečnostních vrstev .....	91
6.2.2.1.	<i>Určení bezpečnostních vrstev</i> .....	91
6.2.2.2.	<i>Zadržný systém (confinement)</i> .....	92
6.2.2.3.	<i>Vysoce integrované bezpečnostní vrstvy</i> .....	93
6.2.2.4.	<i>Čas k dispozici</i> .....	93
6.2.3.	Vyhodnocení základní klasifikace .....	94
6.2.3.1.	<i>Klasifikační proces</i> .....	94
6.2.3.2.	<i>Možné (potenciální) události (včetně konstrukčních vad)</i> .....	95
6.2.3.3.	<i>Události „Pod stupnicí/Stupeň 0“</i> .....	95
6.2.4.	Zvážení přídatných faktorů.....	95
6.2.4.1.	<i>Poruchy se společnou příčinou</i> .....	96
6.2.4.2.	<i>Nedostatky v postupech</i> .....	96
6.2.4.3.	<i>Události s důsledky na kulturu bezpečnosti</i> .....	96
6.3.	NÁVOD K POUŽITÍ PŘÍSTUPŮ BEZPEČNOSTNÍCH VRSTEV PRO SPECIFICKÉ TYPY UDÁLOSTÍ.....	98
6.3.1.	Události zahrnující selhání chladicích systémů při odstavení reaktoru.....	98
6.3.2.	Události zahrnující poruchy v chladicích systémech ovlivňujících bazén vyhořelého paliva.....	98
6.3.3.	Kontrola (ovládání) kritičnosti.....	99
6.3.4.	Nepovolený únik nebo šíření kontaminace .....	99
6.3.5.	Kontrola dávek .....	100
6.3.6.	Blokovací zařízení dveří do stíněných uzavřených prostor („enclosures“) .....	100
6.3.7.	Selhání odsávací ventilace, filtrace a čistících systémů.....	100
6.3.8.	Události s manipulacemi a pády těžkých břemen .....	101
6.3.8.1.	<i>Události nezahrnující palivové soubory</i> .....	101
6.3.8.2.	<i>Události při manipulaci s palivem</i> .....	101
6.3.9.	Ztráta elektrického napájení.....	102

6.3.10. Požáry a výbuchy.....	102
6.3.11. Vnější nebezpečí .....	103
6.3.12. Poruchy v chladících systémech.....	103
6.4. PRACOVNÍ PŘÍKLADY .....	103
6.4.1. Události s odstavením reaktoru.....	103
6.4.2. Události v jiných zařízeních než jsou jaderné reaktory .....	110
7. KLASIFIKAČNÍ POSTUPY .....	122
Příloha I .....	132
VÝPOČET RADIČNÍHO EKVIVALENTU.....	132
I.1. ÚVOD .....	132
I.2. METODA .....	132
I.3. ZÁKLADNÍ DATA .....	133
I.4. VÝSLEDKY.....	133
Příloha II .....	137
PRAHOVÉ ÚROVNĚ PRO DETERMINISTICKÉ ÚČINKY .....	137
II.1. FATÁLNÍ DETERMINISTICKÉ ÚČINKY.....	137
II.2. JINÉ DETERMINISTICKÉ ÚČINKY.....	137
Příloha III .....	141
D HODNOTY PRO ŘADU ISOTOPŮ .....	141
III.1. HODNOTY $D_2$ PRO RADIONUKLIDY K POUŽITÍ PRO KRITÉRIA V ODDÍLE 2 .....	141
III.2. HODNOTY D PRO RADIONUKLIDY PRO POUŽITÍ S KRITÉRII UVEDENÝMI V ODDÍLE 4.....	143
III.3. VÝPOČET SOUHRNNÉ HODNOTY .....	144
Příloha IV .....	145
KATEGORIZACE RADIONUKLIDOVÝCH ZÁŘIČŮ ZALOŽENÁ NA ČINNOSTI .....	145
REFERENCE.....	147
Dodatek I .....	148
OCHRANA DO HLOUBKY .....	148
Reference k Dodatku I .....	149
Dodatek II .....	151
PŘÍKLADY INICIÁTORŮ A JEJICH FREKVENCE .....	151
Dodatek III .....	155
SEZNAM ČLENSKÝCH ZEMÍ A ORGANIZACÍ.....	155
SLOVNÍK .....	156
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	163
SEZNAM TABULEK.....	164
SEZNAM PŘÍKLADŮ .....	165
PŘÍSPĚVATELÉ KE KONCEPTU A REVIZI .....	167

# 1. SOUHRN O STUPNICI INES

## 1.1. ÚVOD

Mezinárodní stupnice pro jaderné a radiační události slouží k rychlé a konzistentní komunikaci s veřejností o bezpečnostní významnosti událostí spojených se zdroji záření. Zahrnuje široké spektrum postupů, včetně průmyslového využití, jako je defektoskopie, využití zdrojů záření v nemocnicích, činnosti v jaderných zařízeních a přeprava radioaktivních látek. Jsou-li události ze všech těchto činností dány do správných souvislostí, může použití INES usnadnit všeobecné porozumění mezi technickou komunitou, médií a veřejností.

Stupnice byla vyvinuta v roce 1990 mezinárodními odborníky, svolanými MAAE a Agenturou pro jadernou energii OECD (OECD/NEA). Původně odrážela zkušenosti získané z používání podobných stupnic ve Francii a Japonsku, stejně tak brala v úvahu i možné stupnice v několika zemích. Od té doby řídila MAAE její vývoj ve spolupráci s OECD/NEA a s podporou více než 60 jmenovaných Národních koordinátorů (National officers), kteří oficiálně zastupují členské státy INES při technických zasedáních INES, konaných každé dva roky.

Zpočátku byla stupnice aplikována pro klasifikaci událostí na jaderných elektrárnách, pak byla rozšířena a upravena, aby mohla být použita pro všechna zařízení související s civilním jaderným průmyslem. Nyní byla rozšířena a ještě dále upravena, aby uspokojila rostoucí potřebu komunikace o významu všech událostí souvisejících s dopravou, skladováním a použitím radioaktivních látek a zdrojů záření. Tato revidovaná příručka spojuje v jednom dokumentu návod pro všechna použití.

## 1.2. OBECNÝ POPIS STUPNICE

Události jsou klasifikovány podle stupnice do sedmi Stupňů: Stupně 4-7 se nazývají "havárie (accidents)" a Stupně 1-3 "nehody (incidents)". Události bez bezpečnostního významu jsou klasifikovány "Pod stupnicí/Stupeň 0". Události, které nemají žádný bezpečnostní vztah k jaderné nebo radiační bezpečnosti, nejsou dle stupnice klasifikovány (viz Oddíl 1.3).

Pro komunikaci s veřejností o těchto událostech byly každému Stupni INES přiřazeny jasně odlišené zkrácené názvy. Dle rostoucí závažnosti, jsou to: „anomálie“, „nehoda“, „vážná nehoda“, „havárie s místními následky“, „havárie s širším následky“<sup>1</sup>, „těžká havárie“ a „velmi těžká havárie“.

Cílem při navrhování rozsahu bylo, aby se závažnost události zvýšila asi o řád při každém zvýšení stupně na stupnici (tj. stupnice je logaritmická). Havárie v Černobylské jaderné elektrárně v r.1986 je klasifikována na stupnici INES Stupněm 7. Tato havárie měla rozsáhlý dopad na obyvatele a životní prostředí. Jednou z klíčových úvah při vývoji hodnotících kritérií v INES bylo zajistit, aby úroveň významnosti méně závažných a více lokalizovaných událostí byla zřetelně oddělena od této velmi těžké havárie. Havárie na jaderné elektrárně Three Mile Island v roce 1979 je tak klasifikována Stupněm 5 na stupnici INES a událost, která má za následek smrt jednotlivce v důsledku ozáření, je klasifikována Stupněm 4.

---

<sup>1</sup> Např. uvolnění radioaktivních látek ze zařízení, jehož pravděpodobným důsledkem je nějaká ochranná akce, nebo několik úmrtí v důsledku opuštěného silného radionuklidového zářiče.



Struktura stupnice je uvedena v Tabulce 1. Události jsou uvažovány z hlediska jejich dopadu ve třech různých oblastech: vliv na obyvatele a životní prostředí, dopad na radiační bariéry a radiační opatření v zařízení, a dopad na ochranu do hloubky. Podrobné definice úrovní jsou uvedeny v dalších částech této příručky.

Dopad na obyvatele a životní prostředí může být lokalizovaný (tj. radiační dávky na jednoho nebo několik lidí v blízkosti místa události) nebo rozsáhlý (při úniku radioaktivních látek ze zařízení). Dopad na bariéry a radiační opatření v zařízeních se týká pouze zařízení, kde se nakládá s velkým množstvím radioaktivních látek, jako jsou jaderně energetické reaktory, zařízení pro přepracování paliva, velké výzkumné reaktory, nebo velká zařízení na výrobu radionuklidových zářičů. Zahrnuje události jako je tavení aktivní zóny reaktoru a únik velkého množství radioaktivních látek v důsledku selhání radiačních bariér, čímž je ohrožena bezpečnost osob a životního prostředí. V tomto manuálu je popsáno hodnocení takovýchto událostí s pomocí dvou oblastí (obyvatelé a životní prostředí; radiační bariéry a opatření) jako události se „skutečnými důsledky“. Omezení v ochraně do hloubky v zásadě pokrývá ty události, kde nedochází k žádným skutečným důsledkům, ale kde opatření, jejichž účelem bylo zabránit haváriím nebo je zvládnout, nepůsobila, jak bylo zamýšleno.

Stupeň 1 se vztahuje pouze na degradaci ochrany do hloubky. Stupně 2 a 3 pokrývají vážnější zhoršení ochrany do hloubky, nebo nižší úrovně skutečných důsledků na obyvatele nebo zařízení. Stupně 4 - 7 pokrývají vzrůstající úrovně skutečných důsledků pro obyvatele, životní prostředí nebo zařízení.

Přestože stupnice INES pokrývá celou řadu činností, není věrohodné, že by události spojené s některými činnostmi mohly dosáhnout vyšších úrovní stupnice. Například události spojené s přepravou zdrojů, používaných v defektoskopii, nikdy nemohou překročit Stupeň 4, a to ani v případě, že by zdroj byl nesprávně použit či s ním bylo nesprávně manipulováno.

### 1.3. ROZSAH STUPNICE

Stupnici lze použít na všechny události spojené s dopravou, skladováním a použitím radioaktivních látek a zdrojů záření. Toto platí, ať už k události dojde v zařízení, či jinde. Stupnice zahrnuje ztrátu nebo krádež radionuklidových zářičů nebo radioaktivních zásilek a nález opuštěných zářičů, jako jsou zdroje neúmyslně přenesené do kovového šrotu. Stupnici lze také využít pro události týkající se neplánovaného ozáření osob při jiných regulovaných dozorovaných činnostech (např. zpracování nerostů).

Stupnice je určena pouze pro použití v civilních (nevojenských) aplikacích a vztahuje se pouze na bezpečnostní aspekty události. Stupnice není určena pro hodnocení událostí, týkajících se zabezpečení zdrojů a zlovolných akcí se záměrem vystavit osoby záření.

Pokud je zařízení používáno pro lékařské účely (např. radiodiagnostika či radioterapie), mohou být návody v této příručce použity pro hodnocení skutečných událostí, vedoucích k ozáření pracovníků a obyvatel, nebo pro události zahrnující degradaci zařízení, nebo nedostatky v bezpečnostních opatřeních. V současné době stupnice nepokrývá skutečné nebo potenciální důsledky na pacienty vystavené záření, které je součástí lékařského postupu. Potřeba návodu, týkajícího se ozáření během lékařských postupů, je známa a bude se řešit později.

TABULKA 1 OBECNÁ KRITÉRIA PRO HODNOCENÍ UDÁLOSTÍ V INES

Popis a stupně INES	Obyvatelé a životní prostředí	Radiační bariéry a opatření v zařízení	Ochrana do hloubky
<b>Velmi těžká havárie</b> <b>Stupeň 7</b>	- Velký únik radioaktivních látek s rozsáhlým rozptýlením; účinky na zdraví obyvatel a životní prostředí vyžadující nasazení plánovaných a rozšířených protiopatření		
<b>Těžká havárie</b> <b>Stupeň 6</b>	- Významný únik radioaktivních látek, který bude pravděpodobně vyžadovat nasazení plánovaných protiopatření		
<b>Havárie s širšími následky</b> <b>Stupeň 5</b>	- Omezený únik radioaktivních látek, který bude pravděpodobně vyžadovat nasazení některých plánovaných protiopatření - Několik úmrtí v důsledku radioaktivního záření	- Vážné poškození aktivní zóny jaderného reaktoru - Uvolnění velkého množství radioaktivních látek uvnitř zařízení s vysokou pravděpodobností významného ozáření obyvatel, ke kterému by mohlo dojít při velké kritické havárii nebo požáru	
<b>Havárie s místními následky</b> <b>Stupeň 4</b>	- Malý únik radioaktivních látek, který nebude pravděpodobně vyžadovat nasazení plánovaných protiopatření jiných, než lokální kontrolu potravin - Minimálně jedno úmrtí v důsledku radioaktivního záření	- Tavení paliva nebo poškození paliva, vedoucí k uvolnění více jak 0,1% inventáře aktivní zóny - Uvolnění významného množství radioaktivních látek uvnitř zařízení s vysokou pravděpodobností významného ozáření obyvatel	
<b>Vážná nehoda</b> <b>Stupeň 3</b>	- Dávka přesahující desetkrát stanovený roční dávkový limit na pracovníka - Neletální deterministický zdravotní účinek (např. popáleniny) v důsledku záření	- Dávkové příkony větší než 1 Sv/hod. v provozním prostoru - Vážná kontaminace v prostoru, kde to projekt nepředpokládá, ale s malou pravděpodobností významného ozáření obyvatel	- „Téměř havarijný stav“ v jaderné elektrárně, kdy nezůstala k dispozici žádná bezpečnostní opatření - Ztráta nebo krádež vysokoaktivního uzavřeného zářiče - Chybné doručení vysokoaktivního uzavřeného zářiče, kdy nejsou k dispozici příslušné postupy radiační ochrany pro manipulaci s ním
<b>Nehoda</b> <b>Stupeň 2</b>	- Ozáření jednotlivce z obyvatel přesahující 10mSv - Ozáření pracovníka přesahující stanovené roční limity	- Úroveň záření v provozním prostoru větší než 50 mSv/hod - Významná kontaminace uvnitř zařízení v prostoru, kde to projekt nepředpokládá	- Významné selhání bezpečnostních opatření (předpisů) bez skutečných následků - Nalezení vysokoaktivního opuštěného uzavřeného zářiče, zařízení nebo radioaktivní zásilky, bez porušení bezpečnostních opatření - Nedostatečný obalový soubor (obal) nebo kryt vysokoaktivního uzavřeného zdroje
<b>Anomálie</b> <b>Stupeň 1</b>			- Přezáření jednotlivce z obyvatel dávkou přesahující stanovené limity - Malé problémy s bezpečnostními komponentami s významnou zbývající ochranou do hloubky - Ztráta nebo krádež nízkoaktivního zářiče, nebo radioaktivní zásilky
<b>Žádný bezpečnostní význam (pod stupnicí/stupeň 0)</b>			



Stupnice se nepoužívá pro každou událost v jaderném nebo radiačním zařízení. Nevztahuje na události, které jsou spojené pouze s průmyslovou bezpečností, nebo pro události, které nemají žádný bezpečnostní vztah k radiační nebo jaderné bezpečnosti. Například události, které vedou pouze k chemickému nebezpečí jako je uvolnění plynné neradioaktivní látky, nebo událost, jako je pád či zasažení elektrickým proudem, vedoucí ke zranění nebo smrti pracovníka jaderného zařízení, by nebyly klasifikovány podle této stupnice. Podobně by podle stupnice neměly být klasifikovány události ovlivňující pohotovost turbíny nebo generátoru, pokud neovlivnily výkon reaktoru, ani požáry, které nepředstavovaly žádné radiační nebezpečí a neovlivnily žádné zařízení související s radiační nebo jadernou bezpečností.

## 1.4. PRINCIPY KRITÉRIÍ INES

Každou událost je třeba zvažovat pro každou z příslušných oblastí popsaných v Oddíle 1.2, kterými jsou : obyvatelé a životní prostředí, radiační bariéry a opatření, ochrana do hloubky. Klasifikace události je pak určena jako nejvyšší stupeň při uvážení každé z těchto tří oblastí. V následujících podkapitolách jsou stručně popsány principy spojené s posouzením dopadu na každou oblast.

### 1.4.1. Obyvatelé a životní prostředí

Nejjednodušším přístupem ke klasifikaci konkrétních následků na obyvatele by bylo založit klasifikaci na obdržených dávkách. Pro havárie to však nemusí být vhodné měřítko pro vypořádání se s celým rozsahem následků. Například účinné použití havarijních opatření pro evakuaci obyvatel může vyústit v relativně malé dávky, navzdory významné havárii na zařízení. Klasifikace takové události založená pouze na obdržených dávkách nedává pravdivý obraz o významu toho, co se na zařízení stalo, ani nebere v úvahu potenciální rozšíření kontaminace. Proto byla pro havárie stupně INES 4 až INES 7 vypracována kritéria, založená spíše na množství uvolněných radioaktivních látek, než na obdržené dávce. Jasněji řečeno, tato kritéria se vztahují pouze na postupy, kde je možné rozptýlení významného množství radioaktivních látek.

Pro možnost zahrnout široké spektrum radioaktivních látek, které by mohly být uvolněny, používá stupnice koncept radiačního ekvivalentu. Veličina je definována jako funkce  $TBq\ I-131$  a pro určení ekvivalentní úrovně pro jiné izotopy jsou definovány konverzní koeficienty, které by vedly ke stejným hodnotám efektivní dávky.

Pro události s nižší úrovní dopadu na obyvatele a životní prostředí je klasifikace založena na obdržené dávce a počtu ozářených osob.

(Kritéria pro úniky byla dříve označována jako "off-site" kritéria.)

### 1.4.2. Radiační bariéry a opatření

Ve velkých zařízeních s potenciálem (byť nepravděpodobným) velkého uvolnění aktivity, jejichž hranice lokality je při licenčním procesu jasně definovaná, je možný vznik události s významným selháním radiačních bariér, ale bez významných důsledků pro obyvatele a životní prostředí (např. tavení aktivní zóny reaktoru při udržení radioaktivních látek v kontejnmentu). Na těchto zařízeních může také vzniknout taková událost, kdy dojde k rozšíření významné kontaminace nebo zvýšení úrovně záření, ale stále ještě zůstává značná ochrana do hloubky, která by zabránila významnému dopadu na obyvatele a životní prostředí. V obou případech neexistují žádné významné důsledky pro

jednotlivce mimo hranice lokality tohoto zařízení, ale v prvním případě je zvýšená pravděpodobnost takových důsledků pro obyvatele a druhý případ představuje velké selhání při řízení radiačních opatření. Důležité je, aby hodnocení takových událostí pomocí stupnice INES zohledňovalo tuto problematiku odpovídajícím způsobem.

Kritéria pro řešení této problematiky se vztahují pouze na povolovaná (licencovaná) zařízení, kde se nakládá s velkým množstvím radioaktivních látek (tato kritéria spolu s kritérii pro dávky pracovníků se dříve označovala jako "on-site kritéria"). Pro události zahrnující zdroje záření a přepravu radioaktivních látek je třeba uvažovat pouze kritéria pro obyvatele a životní prostředí a pro ochranu do hloubky.

### 1.4.3. Ochrana do hloubky<sup>2</sup>

Stupnice INES je určena k použití pro všechny radiační události a všechny události jaderné nebo radiační bezpečnosti, přičemž naprostá většina z nich se vztahuje k selhání zařízení nebo postupů. Přestože mnoho takových událostí nevede k žádným skutečným důsledkům, je třeba připustit, že některé mají větší význam pro bezpečnost, než jiné. Pokud by tyto typy událostí byly klasifikovány pouze podle skutečných důsledků, byly by klasifikovány „Pod stupnicí/Stupeň 0" a stupnice by neměla žádné reálné měřítko pro jejich posouzení v náležitých souvislostech. Bylo proto dohodnuto už na samém počátku, že INES musí pokrývat nejen skutečné, ale i potenciální důsledky událostí.

Byl vyvinut soubor kritérií, který pokrývá všechno, co známe pod pojmem "degradace ochrany do hloubky". Tato kritéria zahrnují skutečnost, že všechny aplikace, týkající se přepravy, skladování a použití radioaktivních látek a zdrojů záření, obsahují řadu bezpečnostních opatření. Počet a spolehlivost těchto opatření závisí na jejich koncepci a velikosti rizika. Události se mohou vyskytnout tam, kde některá z těchto bezpečnostních opatření selžou, ale ostatní zabrání jakýmkoliv skutečným důsledkům. Aby bylo možné oznamovat význam takových událostí, jsou definována kritéria, která závisí na množství radioaktivních látek a závažnosti selhání bezpečnostních opatření.

Protože takovéto události představují pouze zvýšení pravděpodobnosti havárie, bez skutečných důsledků, je maximální klasifikace těchto událostí stanovena jako Stupeň 3 (tj. vážná nehoda). Navíc se tento maximální limit aplikuje pouze na činnosti, kde existuje potenciální možnost významné havárie při selhání všech bezpečnostních opatření (tj. takové, která je na stupnici INES klasifikována na úrovni INES 5, 6 nebo 7). Pro události spojené s činnostmi, které mají mnohem menší možné riziko (např. doprava malých lékařských nebo průmyslových radionuklidových zářičů), je maximální klasifikace podle ochrany do hloubky adekvátně nižší.

Jednou z posledních věcí, kterou se zabývá ochrana do hloubky, je to, co je v tomto dokumentu popsáno jako přídavné faktory. Tyto zahrnují, je-li to vhodné, poruchu se společnou příčinou, záležitosti postupů a kulturu bezpečnosti. Abychom se vypořádali s těmito přídavnými faktory, umožňují kritéria zvýšit klasifikaci o jeden stupeň vzhledem ke klasifikaci odvozené pouze zvažováním významnosti skutečného selhání zařízení nebo organizačních činností (je třeba poznamenat, že pro události týkající se zdrojů záření a přepravy radioaktivních látek, je možnost zvýšení Stupně INES vzhledem k přídavným faktorům zahrnuta už jako součást klasifikačních tabulek a nikoliv jako samostatné hodnocení).

---

<sup>2</sup> v české legislativě ve Vyhlášce SÚJB č.195 je definováno, že „Ochrana do hloubky je založena na použití vícenásobných fyzických bariér, bránících šíření ionizujícího záření a radionuklidů do životního prostředí, a na opakovaném použití systému technických a organizačních opatření, sloužících k ochraně a zachování účinnosti těchto bariér, jakož i ochraně zaměstnanců a dalších osob, obyvatelstva a životního prostředí.“

V tomto dokumentu jsou definována podrobná kritéria, vyvinutá pro naplnění těchto zásad. Použity jsou tři specifické, ale konzistentní přístupy:

- pro přepravu a události se zdroji záření,
- pro události v jaderných elektrárnách za provozu a
- pro události v jiných licencovaných zařízeních (včetně událostí v průběhu studeného odstavení reaktorů, událostí na výzkumných reaktorech a při vyřazování jaderných zařízení).

Z tohoto důvodu jsou zde tři samostatné Oddíly pro ochranu do hloubky, pro každý z těchto přístupů jeden. Každý Oddíl je soběstačný a umožňuje uživateli, aby se soustředili na návod týkající se událostí, o které se zajímají.

Kritéria pro dopravu a události se zdrojem záření jsou obsaženy v souboru tabulek, které spojují všechny tři dříve zmíněné prvky ochrany do hloubky (tj. množství radioaktivních látek, rozsah každého selhání bezpečnostních opatření a přídavné faktory).

Kritéria pro energetické reaktory za provozu umožňují základní klasifikaci pomocí dvou tabulek, a dovolují přídavným faktorům zvýšit klasifikaci o jeden Stupeň. Základní klasifikace z tabulek závisí na tom, zda byla bezpečnostní opatření skutečně vyvolána, na rozsahu jakékoliv degradace bezpečnostních opatření a na pravděpodobnosti události, která by vyvolala tato opatření.

Kritéria pro události na reaktorech při studeném odstavení, u výzkumných reaktorů a u dalších licencovaných zařízení umožňují základní klasifikaci dle tabulky, v závislosti na maximálních následcích při selhání všech bezpečnostních opatření a na rozsahu zbývajících bezpečnostních opatření. Poslední faktor je zvažován prostřednictvím seskupení (grupování) bezpečnostních opatření do takzvaných nezávislých bezpečnostních vrstev a vyhodnocení počtu těchto bezpečnostních vrstev. Následně zvažované přídavné faktory umožňují případné zvýšení základní klasifikace o jeden stupeň.

#### 1.4.4. Konečné hodnocení

Konečná klasifikace události vyžaduje vzít v úvahu všechna relevantní výše popsaná kritéria. Každá událost by měla být posouzena podle každého relevantního kritéria, přičemž na událost má být aplikována nejvyšší odvozená klasifikace. Vhodnost klasifikace se zajišťuje konečnou kontrolou konsistence s obecným popisem úrovně INES. Celkový přístup ke klasifikaci je shrnut ve vývojových diagramech v Oddíle 7.

### 1.5. UŽITÍ STUPNICE

INES je komunikační nástroj. Jeho primárním účelem je usnadnit porozumění bezpečnostnímu významu událostí a komunikaci mezi „technickou komunitou“, médií a veřejností. Další konkrétní návod pro používání INES, jako součásti oznamování informací o události, je uveden v Oddíle 1.6.

Účelem klasifikace INES, nebo s ní spojeného mezinárodního komunikačního systému, není definovat činnosti nebo zařízení, které musí být zahrnuty do oblasti působnosti dozorného kontrolního systému, ani stanovit požadavky na události, které mají být hlášeny uživatelem dozornému orgánu nebo veřejnosti. Komunikace událostí a jejich klasifikace INES není formální ohlašovací systém. Stejně tak nejsou kritéria Stupnice INES určena jako náhrada stávajících, dobře zavedených kritérií, používaných pro formální

havarijní opatření v kterékoliv zemi. Je na každé zemi, aby si pro tyto záležitosti definovala své vlastní předpisy a opatření. Účelem INES je poskytnout jednoduchý návod, pomocí něhož lze ohodnotit bezpečnostní význam těch událostí, které by měly být oznamovány.

Je důležité, aby oznámení proběhlo okamžitě, jinak dojde ke zmatenému pochopení události ze strany medií a ke spekulacím veřejnosti. V některých situacích, kdy nejsou na začátku všechny podrobnosti o události známy, se doporučuje, aby byla vydána prozatímní klasifikace na základě informací, které jsou k dispozici a názor na podstatu události, vycházející z pochopení této události. Později by měla být oznámena konečná klasifikace a vysvětleny případné rozdíly.

Pro naprostou většinu událostí bude toto oznámení zajímavé pouze v regionu nebo zemi, kde dojde k události, a zúčastněné země si budou muset pro taková oznámení nastavit mechanismy. Nicméně s cílem usnadnit mezinárodní komunikaci o událostech, které přitahují nebo mohou poutat širší zájem, vyvinuly MAAE a OECD/NEA komunikační síť, která umožňuje, aby podrobné informace o události byly vloženy do formuláře (Event Rating Form – ERF), který je pak okamžitě šířen do všech členských států INES. Od roku 2001 je tato, na internetu založená, informační služba INES používána členy INES k oznamování událostí technické komunitě, médiím a veřejnosti.

Stupnici INES není vhodné používat k porovnávání bezpečnosti provozu mezi zařízeními, organizacemi nebo zeměmi. Způsob oznamování malých událostí veřejnosti se může lišit a je obtížné zajistit přesnou shodu při klasifikaci událostí na hranici mezi stupni Pod stupnicí/Stupeň 0 a Stupeň 1. I když budou informace o událostech na Stupni 2 a výše k dispozici, statisticky malý počet těchto událostí, které se také rok od roku mění, činí obtížným stanovit smysluplné mezinárodní porovnání.

## 1.6. OZNAMOVÁNÍ INFORMACÍ O UDÁLOSTECH

### 1.6.1. Obecné principy

Stupnice INES by měla být používána jako součást komunikační strategie, na místní, národní i mezinárodní úrovni. I když není vhodné pro mezinárodní dokument přesně definovat, jak by národní komunikace měla být prováděna, existují některé obecné zásady, které lze použít. Tyto jsou uvedeny v tomto Oddíle. Návod pro mezinárodní komunikaci je uveden v Oddíle 1.6.2.

Pro oznamování událostí pomocí hodnocení INES je třeba mít na paměti, že cílovými posluchači jsou v první řadě média a veřejnost. Proto:

- Používejte jednoduchý jazyk a vyhněte se ve stručném popisu události technickému slangu;
- Vyvarujte se zkratk, a to zejména jsou-li zmiňována zařízení nebo systémy (např. hlavní cirkulační čerpadlo místo HCČ);
- Zmiňte skutečně potvrzené důsledky, jako jsou deterministické zdravotní účinky u pracovníků nebo obyvatel;
- Uveďte odhad počtu ozářených pracovníků nebo obyvatel a stejně tak jejich skutečné ozáření;
- Potvrďte jasně, pokud neexistují žádné důsledky pro obyvatele a životní prostředí;

- Uved'te všechna přijatá ochranná opatření.

Pro oznamování událostí v jaderných zařízeních jsou důležité následující údaje:

- Datum a čas události;
- Název zařízení a jeho umístění;
- Typ zařízení;
- Hlavní systémy, kterých se událost týká, pokud je to relevantní;
- Obecné prohlášení, oznamující, že došlo nebo nedošlo k uvolnění radioaktivity do životního prostředí, nebo že existují, nebo neexistují důsledky pro obyvatele a životní prostředí.

Kromě toho jsou důležitou částí popisu události týkající se zdrojů záření nebo přepravy radioaktivních látek následující údaje:

- Radionuklidy, kterých se událost týká;
- Činnost, pro kterou byly zářiče používány, a jejich kategorii dle MAAE [1];
- Stav radionuklidového zářiče a souvisejícího zařízení, a pokud byl zářič ztracen, veškeré informace, které budou užitečné při identifikaci zářiče nebo zařízení (jako je např. registrační nebo výrobní číslo).

### 1.6.2. Mezinárodní komunikace

Jak je vysvětleno v Oddíle 1.5, MAAE udržuje systém pro usnadnění mezinárodní komunikace o událostech. Je důležité si uvědomit, že tato služba není formálním systémem podávání zpráv a že systém funguje na základě dobrovolnosti. Jejím cílem je usnadnit komunikaci a porozumění mezi technickou komunitou (průmyslem a dozornými orgány), médií a veřejností o bezpečnostní významnosti událostí, které vyvolaly nebo pravděpodobně vyvolají zájem mezinárodních médií. Výhodné je také používání tohoto systému pro oznamování událostí při přepravě přes hranice.

Mnohé země přijaly účast v systému INES, protože si jasně uvědomily důležitost otevřené komunikace o událostech způsobem, který jasně vysvětluje jejich významnost.

Všechny země jsou důrazně pobízeny, aby oznamovaly na mezinárodní úrovni (pokud je to možné do 24 hodin) události na základě dohodnutých kritérií, kterými jsou:

- Události klasifikované na úrovni INES 2 a vyšší, nebo
- Události, které přitahují mezinárodní veřejný zájem.

Připouští se, že vzniknou situace, kdy bude pro odhad skutečných důsledků události potřeba delší časový horizont. Za těchto okolností by měla být předložena prozatímní klasifikace a později stanovena konečná klasifikace .

Události jsou do systému zasílány národními koordinátory INES (INES national officers), kteří jsou oficiálně určeni členskými státy. Systém obsahuje popisy událostí, klasifikaci INES, tiskové zprávy (v národním jazyce a angličtině) a technickou dokumentaci pro odborníky. Popisy událostí, klasifikace a tiskové zprávy jsou k dispozici široké veřejnosti bez registrace. Přístup k technické dokumentaci je omezen na nominované a registrované odborníky.



Hlavní položky, které by měly být poskytnuty pro konkrétní událost, jsou shrnuty ve formuláři klasifikace události (Event Rating Form – ERF). Informace, které jsou dány k dispozici veřejnosti, by se měly řídit zásadami uvedenými v Oddíle 1.6.1. Je-li stupnice používána pro přepravu radioaktivních látek, komplikuje se záležitost nadnárodní povahou některých přeprav, ale ERF pro každou událost by měl být poskytován pouze jednou zemí. ERF, který sám o sobě není přístupný veřejnosti, je zaslán zemí, kde došlo k události. Zásady, které mají být použity, jsou následující:

- Předpokládá se, že země, v níž byla událost zjištěna, zahájí diskusi o tom, která země poskytne formulář klasifikace události.
- Jako obecný návod uvedme, že pokud událost s sebou nese konkrétní následky, je pravděpodobně nejlepším místem pro přípravu formuláře klasifikace události ta země, v níž došlo k následkům. Pokud se událost týká pouze selhání administrativních opatření nebo balení radioaktivní zásilky, je pravděpodobně nejlepším místem pro přípravu formuláře klasifikace události ta země, ze které byla radioaktivní zásilka odeslána. V případě ztráty radioaktivní zásilky je pravděpodobně nejvhodnější zemí pro provedení klasifikace a oznámení události ta země, odkud zásilka pochází.
- Tam, kde jsou potřebné informace od jiných zemí, je možno je získat prostřednictvím příslušného kompetentního orgánu, a měly by být vzaty v úvahu při přípravě formuláře pro klasifikaci události.
- U událostí, týkajících se jaderných zařízení, je nezbytné určit zařízení, jeho lokalitu a typ.
- U událostí týkajících se zdrojů záření, může být užitečné uvést některé technické detaily o zdroji nebo zařízení, nebo uvést registrační číslo zařízení, protože systém INES poskytuje rychlé prostředky pro šíření informací v mezinárodním měřítku.
- U událostí, týkajících se přepravy radioaktivních látek, může být užitečné uvést identifikaci typu radioaktivní zásilky (např. vyjmutá zásilka, průmyslová zásilka typu IP-2, radioaktivní zásilka typu A...).
- Základní informace, které by měly být poskytnuty u jaderných zařízení, zahrnují název zařízení, typ a lokalitu, dopad na obyvatele a životní prostředí. Přestože již existují jiné mechanismy pro mezinárodní výměnu údajů o zpětné vazbě provozu, systém INES poskytuje počáteční informaci o události médiím, veřejnosti a technické komunitě.
- Formulář klasifikace události obsahuje také podklady pro klasifikaci. I když není součástí materiálu, který je sdělen veřejnosti, je užitečný pro jiné národní koordinátory INES, aby pochopili základ klasifikace a reagovali na jakékoliv otázky. Vysvětlení klasifikace by mělo jasně ukázat, jak byla klasifikace události stanovena s odkazem na příslušné části klasifikačního postupu.

## 1.7. STRUKTURA MANUÁLU

Tento manuál je rozdělen do sedmi hlavních Oddílů.

Oddíl 1 poskytuje přehled o INES.

Oddíl 2 obsahuje podrobný návod potřebný ke klasifikaci událostí z hlediska jejich dopadu na obyvatele a životní prostředí. Je uvedena řada pracovních příkladů.

Oddíl 3 obsahuje podrobný návod potřebný ke klasifikaci událostí z hlediska jejich dopadu na radiační bariéry a opatření na zařízeních. Je také uvedeno několik pracovních příkladů.

Oddíly 4, 5 a 6 poskytují podrobný návod potřebný ke klasifikaci událostí z hlediska jejich dopadu na ochranu do hloubky.

Oddíl 4 obsahuje návod z hlediska ochrany do hloubky pro všechny události spojené s dopravou a zdroji záření, s výjimkou těch, které nastanou na:

- urychlovačích;
- zařízeních na výrobu a distribuci radionuklidů;
- zařízeních, kde se používají zdroje kategorie 1 [1];

Tyto všechny jsou zahrnuty v Oddíle 6.

Oddíl 5 obsahuje návod z hlediska ochrany do hloubky pro události na energetických reaktorech. Vztahuje se pouze na události, kdy je reaktor na výkonu. Události na energetických reaktorech v odstávce, trvale odstavených nebo vyřazovaných z provozu jsou pokryty Oddílem 6. V Oddíle 6 jsou též obsaženy výzkumné reaktory.

Oddíl 6 obsahuje návod z hlediska ochrany do hloubky pro události v zařízeních palivového cyklu, výzkumných reaktorech, urychlovačích (např. lineárních urychlovačích a cyklotronech) a pro události spojené se selháním bezpečnostních opatření v zařízeních na výrobu a distribuci radionuklidů nebo zařízeních, kde se používají zdroje kategorie 1. Rovněž poskytuje návod pro klasifikaci událostí v jaderných energetických reaktorech, které jsou ve „studeném stavu“ (při odstávce, trvale odstavené nebo vyřazované z provozu).

Účelem uvedení tří samostatných Oddílů pro ochranu do hloubky, je zjednodušit úkol těm, kteří určují klasifikaci událostí. I když takto jsou mezi kapitolami jisté duplicity, každá kapitola obsahuje vše, co je nezbytné pro klasifikaci událostí příslušného typu. Ve všech třech oddílech o ochraně do hloubky jsou uvedeny relevantní pracovní příklady.

Oddíl 7 sumarizuje postup, který se používá ke klasifikaci událostí, včetně ilustračních diagramů a tabulek příkladů.

Čtyři přílohy, dva dodatky a reference poskytují některé další informace o vědeckém pozadí postupu.

Definice a terminologie použitá v této příručce je uvedena ve slovníku.

Tato příručka nahrazuje vydání z roku 2001 [2], pracovní materiál z roku 2006 publikovaný jako Dodatek návod pro národní koordinátory INES [3] a Vysvětlení událostí s poškozením paliva, schválené v roce 2004 [4].

## 2. DOPAD NA OBYVATELE A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

### 2.1. OBECNÝ POPIS

Klasifikace událostí z hlediska jejich dopadu na obyvatele a životní prostředí zohledňuje skutečný radiační dopad na pracovníky, obyvatele a životní prostředí. Hodnocení je založeno buď na dávkách obyvatel, nebo na množství uvolněných radioaktivních látek. Je-li založeno na dávce, bere také v úvahu počet obyvatel, kteří dávku obdrželi. Události musí být klasifikovány také pomocí kritérií týkajících se ochrany do hloubky (Oddíly 4, 5 nebo 6) a pokud to lze, i pomocí kritérií spojených s radiačními bariérami a opatřeními v zařízeních (Oddíl 3), pokud tato kritéria zvyšují klasifikaci INES.

Je nesporné, že při vážné nehodě nebo havárii může být nemožné v raných fázích události přesně stanovit obdržené dávky nebo velikost úniku. Mělo by však být možné provést prvotní odhad a přiřadit prozatímní klasifikaci. Je třeba mít na paměti, že účelem INES je poskytnout rychlou zprávu o významu události.

Při událostech, kde k významnému úniku radioaktivních látek sice nedošlo, ale únik je možný, dokud událost nebude pod kontrolou, by prozatímní klasifikace měla vycházet z toho, co se doposud skutečně stalo (s využitím všech relevantních kritérií INES). Následně je možné, že postupné přehodnocení následků bude vyžadovat revizi prozatímního hodnocení.

Stupnice by neměla být zaměňována se systémy havarijní klasifikace, a neměla by být použita jako základ pro stanovení havarijních opatření. Stejně tak se jako základ pro klasifikaci nepoužívá rozsah havarijní odezvy na událost. Plánovaná opatření proti radiační události se v podrobnostech od jedné země ke druhé liší, a je také možné, že preventivní opatření mohou být v některých případech přijata dokonce i tam, kde nejsou plně odůvodněna skutečnou velikostí úniku. Z těchto důvodů by měly být ke klasifikaci událostí podle stupnice použity jen velikost úniku a stanovená dávka a nikoliv ochranná opatření přijatá při realizaci havarijních plánů.

V tomto Oddíle jsou popsány dva druhy kritérií:

- Množství uniklé aktivity: použitelné pro velké úniky radioaktivních látek do životního prostředí;
- Dávky pro jednotlivce: použitelné pro všechny ostatní situace.

Postup pro uplatňování těchto kritérií je sumarizován ve schématech uvedených v Oddíle 7. Je však třeba poznamenat, že při událostech spojených s dopravou a zdroji záření je nutné uvážit pouze kritéria dávky pro jednotlivce, i když došlo k významnému úniku radioaktivních látek.

### 2.2. UVOLNĚNÁ AKTIVITA

Nejvyšší čtyři stupně na stupnici (Stupeň 4-7) definují množství uvolněné aktivity pomocí radiačního ekvivalentu vyjádřeného v TBq  $^{131}\text{I}$  (metoda pro hodnocení radiačního ekvivalentu je uvedena v Oddíle 2.2.1). Volba tohoto izotopu je poněkud libovolná. Byl použit, protože stupnice byla původně vyvinuta pro jaderné elektrárny a  $^{131}\text{I}$  by obecně byl jedním z významnějších uniklých izotopů.



Důvodem pro použití uvolněného množství aktivity místo posouzení dávky je skutečnost, že pro takto velké úniky bude skutečně obdržená dávka velmi záviset na provedených ochranných opatřeních a dalších podmínkách prostředí. Pokud jsou ochranná opatření úspěšná, obdržené dávky se nebudou zvyšovat úměrně uniklému množství radioaktivních látek.

### 2.2.1. Metody pro posuzování úniků

Pro stanovení radiačního významu úniku jsou uvedeny dvě metody, v závislosti na původu úniku a tudíž na nejvhodnějších předpokladech pro ocenění ekvivalentu úniku. Dojde-li k úniku do atmosféry z jaderného zařízení, jako je reaktor nebo zařízení palivového cyklu, měly by být použity konverzní koeficienty pro radiační ekvivalent  $^{131}\text{I}$  uvedené v TAB.2. Skutečná aktivita uniklého izotopu by měla být vynásobena koeficientem uvedeným v TAB.2. a pak porovnána s hodnotami uvedenými v definici každého Stupně. Jestliže dojde k úniku několika izotopů, vypočtou se hodnoty radiačního ekvivalentu pro každý z nich a sečtou se (viz. příklady 5-7). Odvození těchto koeficientů je vysvětleno v Dodatku I.

Jestliže dojde k uvolnění aktivity během přepravy radioaktivní látky nebo při použití zdrojů záření, měly by být použity hodnoty  $D_2$ . Hodnoty  $D_2$  jsou aktivity, při jejichž překročení je zdroj považován za „nebezpečný“ a má významný potenciál způsobit vážné deterministické účinky, pokud by se s ním nenakládalo v souladu s požadavky bezpečnosti a zabezpečení zdrojů. Hodnota  $D_2$  je „aktivita radionuklidu ve zdroji, která pokud je nekontrolována a rozptýlena, může vést k mimořádné události, při níž lze důvodně očekávat způsobení vážných deterministických zdravotních účinků“ [5]. Hodnoty  $D_2$  jsou pro řadu izotopů uvedeny v příloze III.

TABULKA 2. RADIAČNÍ EKVIVALENT  $^{131}\text{I}$  PRO ÚNIKY DO OVZDUŠÍ

Isotop	Konverzní koeficient
Am-241	8 000
Co-60	50
Cs-134	3
Cs-137	40
H-3	0,02
I-131	1
Ir-192	2
Mn-54	4
Mo-99	0,08
P-32	0,2
Pu-239	10 000
Ru-106	6
Sr-90	20
Te-132	0,3
U-235(S) <sup>a</sup>	1 000

U-235(M) <sup>a</sup>	600
U-235(F) <sup>a</sup>	500
U-238(S) <sup>a</sup>	900
U-238(M) <sup>a</sup>	600
U-238(F) <sup>a</sup>	400
U přírodní	1 000
<b>Vzácné plyny</b>	<b>Zanedbatelné (efektivně 0)</b>

<sup>a</sup> Typy plicní absorpce: S — pomalá; M — střední; F — rychlá.  
V případě nejistoty použijte nejkonzervativnější hodnoty.

Pro události týkající se úniků, které nebyly roznášeny vzduchem (např. úniky do vod nebo kontaminace půdy z důvodu rozsypání nebo rozlití radioaktivní látky), by měla být klasifikace založena na dávce podle Oddílu 2.3. Úniky kapalin vedoucí k dávám výrazně vyšším, než odpovídá Stupni 3, by bylo třeba klasifikovat jako Stupeň 4 nebo vyšší, ale posouzení radičního ekvivalentu by bylo pro danou lokalitu specifické, a nelze zde proto uvést podrobný návod.

### 2.2.2. Definice Úrovní založená na uvolněné aktivitě<sup>3</sup>

#### Stupeň 7

*"Událost vedoucí k úniku do životního prostředí odpovídajícímu aktivitě radičně ekvivalentního úniku o velikosti více než několik desítek tisíc TBq <sup>131</sup>I do ovzduší."*

Toto odpovídá velké části inventáře aktivní zóny energetického reaktoru a typicky zahrnuje směs radionuklidů s krátkým i dlouhým poločasem rozpadu. Při takovém úniku se očekávají stochastické zdravotní účinky v rozsáhlé oblasti, zahrnující možná i více než jednu zemi, a existuje možnost deterministických zdravotních účinků. Pravděpodobné jsou také dlouhodobé následky pro životní prostředí a je velmi pravděpodobné, že ochranná opatření, jako je ukrytí a evakuace, budou považována za nezbytná k zabránění nebo omezení zdravotních účinků na obyvatele.

#### Stupeň 6

*"Událost vedoucí k úniku do životního prostředí odpovídajícímu aktivitě radičně ekvivalentního úniku o velikosti řádu tisíců až desetitisíců TBq <sup>131</sup>I do ovzduší."*

Při tomto úniku je velmi pravděpodobné, že ochranná opatření jako je ukrytí a evakuace budou považována za nezbytná k zabránění nebo omezení zdravotních účinků na obyvatele.

#### Stupeň 5

*"Událost vedoucí k úniku do životního prostředí odpovídajícímu aktivitě radičně ekvivalentního úniku o velikosti řádu stovek až tisíců TBq <sup>131</sup>I do ovzduší."*

nebo

<sup>3</sup> Tato kritéria se vztahují k haváriím, kde předběžný odhad velikosti úniku může být pouze přibližný. Z těchto důvodů není vhodné používat přesné numerické hodnoty v definicích Stupňů. Jako pomoc při zajištění konsistentní mezinárodní interpretace těchto kritérií bylo však navrženo, aby hranice mezi Stupni byly kolem 500, 5000 and 50 000 TBq <sup>131</sup>I.

*"Událost vedoucí k rozptýlení aktivity radionuklidového zářiče s aktivitou větší než 2500 násobek hodnoty  $D_2$  pro uniklý izotop."*

V důsledku skutečného úniku budou pravděpodobně potřebná některá ochranná opatření (jako je lokální ukrytí nebo evakuace k zabránění nebo minimalizaci pravděpodobnosti zdravotních účinků).

Stupeň 4

*"Událost vedoucí k úniku do životního prostředí odpovídajícímu aktivitě radiálně ekvivalentního úniku o velikosti řádu desítek až stovek TBq  $^{131}I$  do ovzduší."*

nebo

*"Událost vedoucí k rozptýlení aktivity radionuklidového zářiče s aktivitou větší než 250 násobek hodnoty  $D_2$  pro uniklý izotop."*

Pro takové uvolnění nebude pravděpodobně požadováno žádné ochranné opatření kromě místní kontroly potravin.

## 2.3. DÁVKY PRO JEDNOTLIVCE

Nejpřímějším kritériem je kritérium dávky obdržené v důsledku události a Stupně 1 až 6 obsahují definici založenou na tomto kritériu<sup>4</sup>. Pokud není výslovně uvedeno jinak (viz. kritérium Stupně 1), definice se vztahují k dávkám, které byly obdrženy, nebo velmi pravděpodobně mohly být obdrženy<sup>5</sup> při jediné klasifikované události (tj. bez kumulativního ozáření). Definují minimální klasifikaci, pokud je jeden jednotlivec ozářen nad uvedená kritéria (Oddíl 2.3.1), a vyšší klasifikaci, jestliže je nad tato kritéria ozářeno více osob (Oddíl 2.3.2).

### 2.3.1. Kritéria pro hodnocení minimální klasifikace, je-li ozářena jedna osoba

Stupeň 4 je minimální stupeň pro události, jejichž výsledkem je:

(1) *výskyt smrtelného deterministického účinku;*

nebo

(2) *pravděpodobný výskyt smrtelného deterministického účinku v důsledku celotělového ozáření, vedoucího k absorbované dávce<sup>6</sup> řádu několika Gy.*

Příloha II uvádí další podrobnosti k pravděpodobnosti smrtelných deterministických účinků a prahům deterministických účinků nevedoucích ke smrti.

Stupeň 3 je minimální stupeň pro události, jejichž výsledkem je:

(1) *výskyt nebo pravděpodobný výskyt deterministických účinků, při nichž nedojde ke smrti (pro další informace viz Přílohu II);*

<sup>4</sup> Definice Stupně 1 jsou založeny na kritériích ochrany do hloubky vysvětlenými v Oddílech 4 až 6, ale jsou zde začleněny pro úplnost.

<sup>5</sup> Záměrem zde není vymýšlet jiné scénáře než je ten, k němuž došlo, ale zvážit, jaké dávky by se mohly důvodně vyskytnout, aniž by se o nich vědělo. Například je-li radionuklidový zářič oddělen ze svého stínění a přepravován, měly by být odhadnuty dávky pro řidiče a osoby odbavující radioaktivní zásilku.

<sup>6</sup> Pokud je významné záření s vysokým lineárním přenosem energie, měly by absorbované dávky brát v úvahu příslušnou RBE. Pro určení správné klasifikace INES by měla být použita absorbovaná dávka vážená RBE.

nebo

- (2) ozáření vedoucí k efektivní dávce vyšší než je desetinásobek stanoveného ročního limitu celotělové dávky pro pracovníky .

Stupeň 2 je minimální stupeň pro události, jejichž výsledkem je:

- (1) ozáření jednotlivého obyvatele vedoucí k efektivní dávce přesahující 10 mSv,  
nebo  
(2) ozáření pracovníka přesahující stanovené roční dávkové limity<sup>7</sup>.

Stupeň 1 je minimální stupeň pro události, jejichž výsledkem je:

- (1) ozáření jednotlivého obyvatele přesahující stanovené roční dávkové limity<sup>7</sup>;  
nebo  
(2) ozáření pracovníka přesahující dávkové optimalizační meze<sup>8</sup>;  
nebo  
(3) kumulativní ozáření pracovníka nebo jednotlivého obyvatele přesahující stanovené roční dávkové limity<sup>7</sup>.

### 2.3.2. Kriteria pro zahrnutí počtu ozářených osob

Je-li ozářena více než jedna osoba, měl by být stanoven počet osob spadajících do každé z úrovní definovaných v Oddíle 2.3.1 a v každém z těchto případů by měl být použit návod uvedený v následujících odstavcích, pokud je třeba zvýšit klasifikaci .

Pro ozáření, která nezpůsobují deterministický účinek nebo není pravděpodobné, že jej způsobí, by minimální klasifikace stanovená v Oddíle 2.3.1 měla být zvýšena o jeden stupeň, pokud dávky nad hodnotu stanovenou pro tento stupeň obdrží 10 nebo více osob, a o dva stupně, pokud tyto dávky obdrží 100 nebo více osob.

Pro ozáření, která způsobila, nebo pravděpodobně způsobí deterministické účinky, se užívá konzervativnější přístup. Klasifikace by měla být zvýšena o jeden stupeň, jestliže dávky nad hodnotou stanovenou pro daný Stupeň obdrželo několik jednotlivců, a o dva stupně, pokud dávky obdrželo několik desítek jednotlivců<sup>9</sup>.

Souhrnná tabulka kritérií uvedených v tomto a předchozím oddílu je uvedena v Oddíle 2.3.4.

Je-li několik jednotlivců ozářeno různými dávkami, je klasifikací události nejvyšší z hodnot odvozených popsáním procesem. Například pro událost, kdy 15 *jednotlivých obyvatel* obdrží efektivní dávku 20 mSv, je minimální aplikovatelná klasifikace pro tuto dávku Stupeň 2. S ohledem na počet ozářených osob (15) to pak vede ke zvýšení o jeden stupeň, což je klasifikace Stupeň 3. Pokud však pouze jeden jednatel obdrží efektivní dávku 20 mSv a ostatních 14 obdrží efektivní dávky od jednoho do 10 mSv, klasifikace založená na obdržené efektivní dávce 20 mSv by byl Stupeň 2 (minimální klasifikace

<sup>7</sup> Limity ozáření, které je třeba uvážit, jsou všechny stanovené (zákonné) dávkové limity, včetně celotělové efektivní dávky, dávky na kůži, dávky na končetiny a dávky na oční čočku.

<sup>8</sup> Dávková optimalizační mez je hodnota nižší než stanovený dávkový limit, která může být v dané zemi stanovena.

<sup>9</sup> Jako návod, s cílem pomoci v konzistentním přístupu k používání těchto kritérií, lze považovat "několik" za více než tři a "několik desítek" za více než 30. (Tyto hodnoty odpovídají přibližně polovině řádu na logaritmické stupnici.)

nevzrostla, protože se to týká pouze jedné osoby) a klasifikace založená na obdržené efektivní dávce více než jeden mSv, ale méně než 10 mSv, by byl Stupeň 2 (minimální klasifikace Stupeň 1 by se zvýšila o jeden stupeň, protože ozářeno bylo více než 10 osob). Celkové hodnocení by tak bylo Stupeň 2.

### 2.3.3. Metodika odhadu dávky

Metodika pro odhad dávky pro pracovníky a obyvatele by měla být realistická a řídit se standardními národními předpoklady pro stanovení dávek. Stanovení by mělo být založeno na reálném scénáři, včetně přijatých ochranných opatření.

Pokud nemůže být s jistotou známo, zda některé konkrétní osoby obdržely dávky (např. u přepravované radioaktivní zásilky bylo následně zjištěno, že má nedostatečné stínění), měly by být pravděpodobné dávky odhadnuty a Stupeň INES přiřazen na základě rekonstrukce pravděpodobného scénáře.

### 2.3.4. Souhrn

Návod v Oddíle 2.3 je shrnut v Tabulce 3, která ukazuje, jaká úroveň dávky a jaký počet ozářených osob jsou vzaty v úvahu.

TABULKA 3. PŘEHLED KLASIFIKACE NA ZÁKLADĚ DÁVEK OBDRŽENÝCH JEDNOTLIVCI

Úroveň ozáření	Minimální klasifikace	Počet jednotlivců	Skutečná klasifikace
Výskyt smrtelného deterministického účinku nebo pravděpodobný výskyt smrtelného deterministického účinku v důsledku celotělové absorbované dávky řádu několika Gy	4	Několik desítek či více	6 <sup>a</sup>
		Mezi několika a několika desítkami	5
		Méně než několik	4
Výskyt nebo pravděpodobný výskyt deterministického účinku bez úmrtí	3	Několik desítek či více	5
		Mezi několika a několika desítkami	4
		Méně než několik	3
Ozáření vedoucí k efektivní dávce vyšší než desetinásobek stanoveného ročního limitu celotělové dávky pro pracovníky	3	100 nebo více	5
		10 a více	4
		Méně než deset	3

Ozáření jednotlivého obyvatele vedoucí k efektivní dávce přesahující 10 mSv	2	100 nebo více	4
		10 a více	3
nebo		Méně než deset	2
Ozáření pracovníka přesahující stanovené roční dávkové limity			
Ozáření jednotlivého obyvatele přesahující stanovené roční dávkové limity	1	100 nebo více	3
		10 a více	2
nebo		Méně než deset	1 <sup>b</sup>
Ozáření pracovníka přesahující dávkové optimalizační meze			
Kumulativní ozáření pracovníka, nebo obyvatel, přesahující stanovené roční dávkové limity	1	1 nebo více	1 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Stupeň 6 není považován za věrohodný pro jakoukoliv událost, týkající se zdrojů záření.

<sup>b</sup> Jak je vysvětleno v Oddíle 2.3, definice Stupně 1 jsou založeny na kritériu ochrany do hloubky vysvětleném v Oddíle 4.6, ale jsou zde zahrnuty pro úplnost.

## 2.4. PRACOVNÍ PŘÍKLADY

Účelem těchto příkladů je ilustrovat klasifikační návod, obsažený v tomto Oddíle manuálu. Příklady jsou založeny na skutečných událostech, ale byly mírně upraveny tak, aby ilustrovaly použití různých částí návodu. Klasifikace odvozené v tomto oddíle nejsou nutně konečnou klasifikací, neboť před stanovením konečného hodnocení by mohlo být nezbytné uvážit kritéria v Oddílech 3 - 6.

### Příklad 1. Přezáření elektrikáře v nemocnici - Stupeň 2

#### *Popis události*

Servisní pracovník instaloval a nastavoval nový radioterapeutický přístroj v nemocnici, přičemž nevěděl o elektrikáři pracujícím nad stropem. Při testování přístroje namířil paprsek záření směrem ke stropu a elektrikář byl pravděpodobně ozářen. Celotělové ozáření bylo odhadnuto efektivní dávkou 80 – 100 mSv. Elektrikář neměl příznaky, ale jako předběžné opatření byl proveden krevní test. Jak se pro tuto úroveň dávky očekávalo, krevní test byl negativní.

#### *Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.2.1. Uvolněná aktivita	Neaplikovatelné. Žádný únik.
2.3. Dávky jednotlivcům	Jedna osoba (nikoliv pracovník se zářením) obdržela efektivní dávku vyšší než 10 mSv, ale menší než "desetinásobek stanoveného ročního limitu celotělové dávky



pro pracovníky". Nebyly zjištěny žádné deterministické zdravotní účinky. Klasifikace: Stupeň 2.

Klasifikace dopadu na obyvatele a životní prostředí  
Stupeň 2

## Příklad 2. Přezáření pracovníka defektoskopie - Stupeň 2

### Popis události

Pracovník defektoskopie odpojil výstupní hadici od krytu a všiml si, že zdroj není v plně stíněné pozici. Ozařovací zařízení obsahovalo uzavřený zářič o 807 GBq  $^{192}\text{Ir}$ . Pracovník si všiml, že jeho kapesní ionizační komora ukazuje mimo stupnici a oznámil to dohlížejícímu pracovníkovi organizace (Radiation Safety Officer – RSO). Vzhledem k tomu, že prstové dozimetry nejsou při defektoskopických činnostech běžně používány, dohlížející pracovník provedl rekonstrukci dávky. Na základě rekonstrukce dávky mohl jeden pracovník obdržet dávku na končetiny v rozmezí 3,3 - 3,6 Gy, což přesahuje stanovený roční dávkový limit 500 mSv na kůži nebo končetiny. Výsledky celotělového dozimetru ukázaly, že pracovník defektoskopie obdržel celotělovou dávku přibližně 2 mSv. Pracovník byl přijat do nemocnice na pozorování a později propuštěn. Nebyly pozorovány žádné deterministické účinky.

Z následně získaných informací vyplynulo, že pracovník nosil svůj dozimetr na boku a jeho tělo mohlo dozimetr stínit.

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Neaplikovatelné. Žádný únik.
2.3. Dávky jednotlivcům	Jeden pracovník obdržel dávku převyšující roční limit. Nebyly pozorovány žádné deterministické účinky, ani nebyly očekávány. Stupeň 2. (i s přihlédnutím k případnému stínění dozimetru byla efektivní dávka hluboko pod kritériem pro Stupeň 3).
Klasifikace dopadu na obyvatele a životní prostředí	Stupeň 2

## Příklad 3. Přezáření pracovníka defektoskopie - Stupeň 3

### Popis události

Tři pracovníci prováděli defektoskopii pomocí zdroje 3,3 TBq  $^{192}\text{Ir}$  na 22,5 m vysoké věžní plošině. Z nějakého důvodu byl zdroj  $^{192}\text{Ir}$  (nosič zářiče – „tužka“) odpojen od pohonu (nebo nebyl nikdy zapojen). Po ukončení práce jeden z pracovníků odšrouboval výstupní hadici a zdroj upadl na plošinu, aniž si toho někdo všiml (nebyly používány žádné radiční pagery nebo kapesní dozimetry). Pracovníci opustili pracoviště a druhý den večer (23:00)

jeden zaměstnanec našel zdroj a snažil se ho identifikovat. Ukázal zdroj jinému zaměstnanci a ten si všiml, že první zaměstnanec má oteklou tvář. První zaměstnanec podal zdroj svému kolegovi a šel si dolů umýt obličej. Druhý zaměstnanec šel dolů z věže s uvedeným zdrojem v ruce. Když se pak zaměstnanci rozhodli předat zdroj svému nadřízenému v jeho kanceláři, začal signální dozimetr pracovníka jiné firmy signalizovat vysoké pole záření. Zdroj byl identifikován a zaměstnanci byli upozorněni, že kus kovu byl nebezpečný radionuklidový zářič, a měli ho dát okamžitě pryč. Zdroj byl uložen do trubky, byl kontaktován majitel firmy a poté byl zdroj zajištěn. Čas, který uplynul od zjištění, že zdroj je radioaktivní, po jeho zajištění, byl asi půl hodiny. Tři stavební zaměstnanci byli posláni k lékařskému vyšetření (včetně cytogenetického vyšetření) a byli přijati do nemocnice. U jednoho z nich se projeví nějaké deterministické účinky (vážné radiační popáleniny na jedné ruce). Pět zaměstnanců defektoskopické společnosti byly odebrány vzorky krve k rozboru v cytogenetické laboratoři, nebyly však pozorovány žádné abnormality.

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Neaplikovatelné.
2.3. Dávky jednotlivcům	U jedné osoby se projeví deterministické účinky záření. To dává hodnocení Stupeň 3.
Klasifikace dopadu na obyvatele a životní prostředí	Stupeň 3

### Příklad 4. Rozbití opuštěného vysoceaktivního zdroje – Stupeň 5

#### Popis události

Soukromý radioterapeutický ústav se přestěhoval do nových prostor, přičemž si s sebou vzal teleterapeutickou jednotku s  $^{60}\text{Co}$  a na místě ponechal teleterapeutickou jednotku s 51 TBq  $^{137}\text{Cs}$ . Toto nebylo oznámeno dozornému orgánu, jak je požadováno v podmínkách povolení pro tento ústav. Bývalý areál byl následně částečně demolován. Výsledkem bylo, že  $^{137}\text{Cs}$  teleterapeutická jednotka zůstala zcela nezabezpečená. Do areálu vstoupili dva lidé, nevěděli co to je za jednotku, ale mysleli, že by mohla mít nějakou hodnotu jako šrot, a vyjmuli sestavu zdroje z přístroje. Vzali ji domů a snažili se ji rozebrat. Při tomto pokusu kapsle zdroje praskla. Radionuklidový zářič byl ve formě soli chloridu cesia, která je vysoce rozpustná a snadno se rozptýlí. V důsledku toho bylo několik osob kontaminováno a ozářeno.

Poté, co kapsle zdroje praskla, byly zbývající části sestavy zdroje prodány jako šrot vlastníkovu sběrný. Ten si všiml, že materiál zdroje ve tmě modře světélkuje. Tímto jevem bylo fascinováno několik osob a po dobu několika dnů přicházeli přátelé a příbuzní, aby tento jev spatřili. Fragmenty zdroje o velikosti zrn rýže byly rozděleny do několika rodin. Toto pokračovalo po dobu pěti dnů, přičemž se u řady osob objevily gastrointestinální příznaky, vyplývající z ozáření. Příznaky nebyly původně rozpoznány jako důsledek



ozáření. Nicméně jedna z ozářených osob si uvědomila souvislost mezi onemocněním a kapslí zdroje a vzala zbytky do veřejného zdravotnického zařízení ve městě.

Tato akce zahájila řetěz událostí, které vedly k objevu havárie. Místní fyzik byl první, kdo monitoroval a odhadl rozsah havárie a z vlastního podnětu provedl evakuaci dvou oblastí. Současně byly informovány úřady, po čemž nabyla odezva impozantní rychlost a rozsah. Rychle bylo identifikováno několik dalších významných míst kontaminace a obyvatelé byli evakuováni. V důsledku události se u osmi osob vyvinul akutní radiační syndrom a čtyři osoby zemřely na ozáření.

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Zdroj byl rozbitý a proto většina aktivity unikla do životního prostředí. Hodnota $D_2$ pro $^{137}\text{Cs}$ z Přílohy III je 20 TBq, takže únik byl zhruba 2,5 krát vyšší než hodnota $D_2$ , což je výrazně méně než hodnota pro Stupeň 4 „větší než 250násobek hodnoty $D_2$ “.
2.3. Dávky jednotlivcům	Jedna smrt z ozáření by byla klasifikována na Úrovní 4. Vzhledem k tomu, že zemřely čtyři osoby, by měla být klasifikace zvýšena o jeden stupeň.
Hodnocení dopadu na obyvatele a životní prostředí	Stupeň 5

### Příklad 5. Únik jódu-131 z reaktoru - Stupeň 5

#### Popis události

Došlo k požáru grafitem moderovaného a vzduchem chlazeného reaktoru na produkci plutonia, což vedlo k významnému úniku radioaktivních látek. Oheň začal v průběhu procesu žhání grafitové konstrukce. Při běžném provozu neutrony zasahující grafit narušují jeho krystalickou strukturu. Toto narušení vede v grafitu k nárůstu energie uchovávané v grafitu. K obnovení struktury grafitu a k uvolnění akumulované energie byl používán proces žhání řízeným ohřevem. V tomto případě byla bohužel uvolněna přílišná energie, což vedlo k poškození paliva. Kovové uranové palivo a grafit pak reagovaly se vzduchem a začaly hořet. První znamení o abnormálním stavu bylo zjištěno vzorkovači vzduchu asi 800 m daleko. Úroveň radioaktivity byla 10krát větší, než je ve vzduchu obvyklá.

Odběr vzorků blíže budově reaktoru potvrdil, že došlo k úniku aktivity. Inspekce aktivní zóny ukázala, že byly přehřáté palivové články přibližně ve 150 kanálech. Po několika hodinách zkoušení různých metod byl oheň uhašen pomocí kombinace zaplavení vodou a vypnutí ventilátorů nuceného chlazení vzduchem. Zařízení bylo vychlazené. Množství uniklé aktivity bylo odhadnuto na 500 až 700 TBq  $^{131}\text{I}$  a 20 až 40 TBq  $^{137}\text{Cs}$ . Nebyly zjištěny žádné deterministické účinky a nikdo neobdržel dávku blízkou se desetinásobku stanoveného ročního limitu celotělové dávky pro pracovníky.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Koeficient radiačního ekvivalentu pro $^{137}\text{Cs}$ z Tabulky 2 je 40, takže celkový únik byl radiačně ekvivalentní 1300 až 2300 TBq $^{131}\text{I}$ . Protože horní limit je významně pod 5000 TBq, klasifikujeme jako Stupeň 5, "ekvivalentní stovkám až tisícům TBq $^{131}\text{I}$ "
2.3. Dávky jednotlivcům	Neaplikovatelné. Ke skutečným individuálním dávkám nedošlo, ale protože se žádná obdržená dávka nepřiblížila kritériu Stupně 3, kritéria individuální dávky nemohou zvýšit klasifikaci výše než bylo odvozeno z kritéria velkého úniku.
Hodnocení dopadu na obyvatele a životní prostředí	Stupeň 5

**Příklad 6. Přehřátí skladovací nádrže vysokoaktivního odpadu v zařízení na přepracování paliva - Stupeň 6***Popis události*

Chladicí systém skladovací nádrže pro vysokoaktivní odpad selhal, což vedlo ke zvýšení teploty obsahu nádrže. Následná exploze suchých dusičnanových a octanových solí měla sílu 75 tun TNT. 2,5 m silné betonové víko byl vrženo 30 metrů daleko. K omezení vážných zdravotních účinků byla přijata mimořádná opatření včetně evakuace.

Nejvýznamnější složkou úniku bylo 1000 TBq  $^{90}\text{Sr}$  a 13 TBq  $^{137}\text{Cs}$ . Velké území, měřící 300 x 50 km, bylo kontaminováno více než 4 kBq/m<sup>2</sup>  $^{90}\text{Sr}$ .

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Koeficienty radiačního ekvivalentu pro $^{90}\text{Sr}$ a $^{137}\text{Cs}$ v tabulce 2 jsou 20 a 40, takže celkový únik byl radiačně ekvivalentní 20500 TBq $^{131}\text{I}$ . Toto je klasifikováno Stupněm 6 - "odpovídá tisícům až desetitisícům TBq $^{131}\text{I}$ ".
2.3. Dávky jednotlivcům	Není nutné uvážit, protože událost je již klasifikována Stupněm 6.
Hodnocení dopadu na obyvatele a životní prostředí	Stupeň 6

**Příklad 7. Velký únik aktivity po kritické havárii a požáru - Stupeň 7***Popis události*

Projektové nedostatky a špatně plánované a prováděné zkoušky vedly k tomu, že se reaktor stal nadkritický. Byly činěny pokusy o odstavení reaktoru, ale výkon prudce vzrostl a některé palivové tyče se začaly lámat, přičemž fragmenty palivových tyčí se dostávaly do cesty regulačním tyčím. Regulační tyče uvízly poté, co byly zasunuty pouze do jedné třetiny, což nedostačovalo k zastavení štěpné reakce. Výkon reaktoru vzrostl až na hodnotu kolem 30 GW, což je desetinásobek běžného provozního výkonu. Palivové tyče se začaly tavit a tlak páry prudce vzrostl a způsobil velkou parní explozi. Generovaná pára postupovala svisle podél palivových kanálů v reaktoru, přemístila a zničila víko reaktoru, roztrhla chladicí trubky a vytvořila díru ve střeše. Poté, co byla část střechy odfouknuta, přístup vzdušného kyslíku, kombinovaný s extrémně vysokou teplotou paliva v reaktoru a grafitového moderátoru, zažehl grafit. Tento požár významně přispěl k šíření radioaktivních látek a kontaminaci vně ležících prostor.

Celkový únik radioaktivních látek činil přibližně 14 milionů TBq a obsahoval 1,8 milionu TBq z  $^{131}\text{I}$ , 85 000 TBq z  $^{137}\text{Cs}$  a dalších radioizotopů cesia, 10 000 TBq  $^{90}\text{Sr}$  a řadu dalších významných izotopů.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Koeficienty radiačního ekvivalentu pro $^{90}\text{Sr}$ a $^{137}\text{Cs}$ v Tabulce 2 jsou 20 a 40, takže celkový únik je radiačně ekvivalentní 5,4 milionu TBq $^{131}\text{I}$ . To je klasifikováno na stupnici na nejvyšší úrovni - Stupeň 7 "ekvivalentní více než několika desítkám tisíc TBq $^{131}\text{I}$ ". Ačkoliv byly přítomny i jiné izotopy, není třeba je zahrnout do výpočtu, protože uvedené izotopy jsou již ekvivalentní úniku Stupně 7.
2.3. Dávky jednotlivcům	Není nutné uvážit, protože událost je již klasifikována Stupněm 7..
Hodnocení dopadu na obyvatele a životní prostředí	Stupeň 7

## 3. DOPAD NA RADIAČNÍ BARIÉRY A OPATŘENÍ NA ZAŘÍZENÍ

### 3.1. OBECNÝ POPIS

Návod v této části se vztahuje jen na události v povolených zařízeních, kde je hranice lokality jasně definovaná jako součást jejich licencí. Metoda je použitelná pouze na velkých zařízeních, kde je možné (byť nepravděpodobné) uvolnění radioaktivních látek, což by mohlo být klasifikováno Stupněm 5 nebo vyšším.

Každou událost je třeba posoudit v souvislosti s kritérii pro hodnocení dopadu na obyvatele a životní prostředí a kritérii pro hodnocení dopadu na ochranu do hloubky. Dalo by se diskutovat o tom, zda tyto dva soubory kritérií pokrývají všechny otázky, které je třeba řešit při klasifikaci události. Nicméně, když se toto udělá, nebyly by klasifikovány Stupněm odpovídajícím jejich významu dva základní (klíčové) typy událostí.

První typ události je takový, kde dojde k významnému poškození primárních bariér bránících velkému úniku (např. tavení aktivní zóny reaktoru, nebo ztráta zádržného systému pro velmi rozsáhlé množství radioaktivních látek v jaderném zařízení na přepracování paliva). Při tomto typu události selhala základní projektová ochrana a jedinými bariérami, jež brání velmi rozsáhlému úniku, jsou zbývající systémy kontejnmentu. Bez zvláštního kritéria k řešení takovýchto událostí, by tyto události mohly být klasifikovány pouze Stupněm 3 dle ochrany do hloubky, stejným Stupněm jako "skoro-havárie bez zbývajících redundancí". Tuto situaci konkrétně řeší kritéria pro Stupeň 4 a Stupeň 5.

Druhý typ události je takový, kde hlavní bariéry, jež brání velkému úniku, zůstanou neporušeny, ale dojde k většímu rozptýlení (rozlití) radioaktivních látek, nebo významnému zvýšení dávkového příkonu v zařízení, kde se zpracovává velké množství radioaktivních látek. Takovéto události by mohly být docela dobře klasifikovány Stupněm 1 podle ochrany do hloubky, díky velkému množství bariér, které by byly stále ještě k dispozici. Tyto události nicméně představují zásadní selhání manažerských opatření při manipulaci s radioaktivními látkami, a tudíž samy o sobě naznačují a podporují možnost rizikových událostí s významným dopadem na obyvatele a životní prostředí. Tento druhý typ události konkrétně řeší kritéria pro Stupně 2 a 3.

Význam kontaminace se měří buď množstvím rozptýlené aktivity nebo velikostí výsledného dávkového příkonu. Tato kritéria se týkají dávkového příkonu v provozním prostoru, ale nevyžadují, aby byl pracovník skutečně přítomen. Neměly by být proto zaměňovány s kritérii pro dávky pro pracovníky v Oddíle 2.3, které se vztahují na dávky skutečně obdržené.

Kontaminace pod hodnotou Stupně 2 jsou považovány za nevýznamné pro klasifikaci události dle tohoto kritéria; v těchto nižších úrovních se musí posuzovat jen dopad na ochranu do hloubky.

Přijímá se, že přesná povaha škody a/nebo kontaminace a jejich důsledky nemohou být nějakou dobu po události známy. Mělo by však být možné, aby se provedl hrubý odhad a rozhodlo se o vhodné prozatímní klasifikaci na formuláři klasifikace události (Event Rating Form – ERF). Je možné, že při následném přehodnocení situace bude nezbytné událost překlasifikovat.

Pro všechny události je rovněž třeba zvážit kritéria, týkající se obyvatel a životního prostředí (Oddíl 2) a ochrany do hloubky (Oddíly 4, 5 a 6), neboť mohou vést k vyšší klasifikaci.

## 3.2. DEFINICE ÚROVNÍ

### Stupeň 5

#### **Pro události zahrnující reaktorové palivo (včetně výzkumných reaktorů):**

*"Událost má za následek tavení paliva ve větším rozsahu než ekvivalent několika procent paliva energetického reaktoru, nebo únik<sup>10</sup> více než několika procent inventáře z palivových souborů aktivní zóny energetického reaktoru<sup>11</sup>."*

Definice je založena na celkovém inventáři aktivní zóny energetického reaktoru (všech produktech štěpení), a nejen na volných plynných štěpných produktech (dále jen "gap inventory" = „plynný inventář“ = plyny difundované z paliva – mezi tabletou a povlakem – trhlinou v povlaku). Takové množství vyžaduje značný únik z palivové matrice, a stejně tak i významný „plynný inventář“. Je třeba poznamenat, že klasifikace založená na poškození paliva není závislá na stavu primárního okruhu.

Pro výzkumné reaktory, by měl být podíl ovlivněného paliva založen na množství 3000 MW (th) energetického reaktoru.

#### **Pro ostatní zařízení:**

*"Událost, která má za následek velký únik radioaktivních látek v zařízení (srovnatelný s únikem z roztavené aktivní zóny) s vysokou pravděpodobností významného přezáření.<sup>12</sup>"*

Příklady havárií jaderných zařízení bez reaktoru mohou být velké havárie s kritičností, nebo velké požáry nebo výbuchy s únikem velkého množství radioaktivních látek uvnitř zařízení.

### Stupeň 4

#### **Pro události zahrnující reaktor (včetně výzkumných reaktorů):**

*"Událost vedoucí k úniku<sup>10</sup> více než 0,1% inventáře aktivní zóny z palivových souborů energetických reaktorů<sup>11</sup>, jako výsledek tavení paliva a/nebo porušení pokrytí."*

Tato definice je opět založena na celkovém inventáři aktivní zóny, nejen "plynovém inventáři", a není závislá na stavu primárního okruhu. Uvolnění více než 0,1% z celkového inventáře aktivní zóny by mohlo nastat, buď při tavení paliva s poruchou pokrytí nebo při porušení významné části (~ 10%) pokrytí, a tím uvolnění "plynového inventáře".

Pro výzkumné reaktory, by měl být podíl ovlivněného paliva založen na množství 3000 MW (th) energetického reaktoru.

Poškození paliva nebo jeho „degradace“, která nevede k uvolnění více než 0,1% inventáře aktivní zóny energetického reaktoru (např. velmi lokalizované tavení nebo malé množství poškození pokrytí) by měla být podle tohoto kritéria klasifikována na stupnici jako Pod stupnicí/Stupeň 0, a pak uvažována dle kritéria ochrany do hloubky.

<sup>10</sup> Únik se zde používá k popisu pohybu radioaktivního materiálu z jeho očekávaného umístění, ale stále obsaženého v objektu elektrárny.

<sup>11</sup> Vzhledem k tomu, že rozsah poškození paliva není snadno měřitelný, měly by elektrárna a dozorný orgán stanovit zvláštní kritéria, vyjádřená symptomaticky (např. koncentrace aktivity v chladicím médiu primárního okruhu, monitorování záření v budově kontejnmentu) s cílem usnadnit včasnou klasifikaci událostí zahrnujících poškození paliva

<sup>12</sup> Vysoká pravděpodobnost znamená podobnou pravděpodobnost, jako při úniku z kontejnmentu, následujícím po havárii reaktoru.

**Pro ostatní zařízení:**

"Událost zahrnující únik<sup>10</sup> několika tisíc TBq aktivity z primárního kontejnmentu<sup>13</sup> s vysokou pravděpodobností významného přezáření obyvatel."

**Stupeň 3**

*„Událost vedoucí k úniku<sup>10</sup> několika tisíc TBq aktivity do prostorů, kde to projekt nepředpokládá<sup>14</sup>, která vyžaduje nápravná opatření, a to i při velmi nízké pravděpodobnosti ozáření obyvatel“,*

nebo

*"Událost, která vede v provozním prostoru<sup>15</sup> k sumárnímu dávkovému příkonu záření gama a neutronů většímu než 1 Sv/h (dávkový příkon měřený 1 m od zdroje).*

Události vedoucí k vysokým dávkovým příkonům v prostorech, které nejsou považovány za provozní prostory, by měly být klasifikovány pomocí přístupu ochrany do hloubky pro zařízení (viz příklad 49).

**Stupeň 2**

*"Událost, která vede v provozním prostoru k sumárnímu dávkovému příkonu záření gama a neutronů většímu než 50 mSv/h (dávkový příkon měřený 1 m od zdroje),*

nebo

*"Událost vedoucí v zařízení k výskytu významného množství radioaktivních látek, v prostorech, kde to projekt nepředpokládá<sup>14</sup>, a vyžadující nápravná opatření."*

V této souvislosti je třeba 'významné množství' vykládat takto:

- (a) rozlití tekuté radioaktivní látky radiačně ekvivalentní rozlití řádu deseti TBq <sup>99</sup>Mo.
- (b) rozsypání pevné radioaktivní látky – radiačně ekvivalentní rozptýlení řádu TBq <sup>137</sup>Cs, pokud navíc povrchová kontaminace a kontaminace ovzduší desetkrát překračují povolenou úroveň pro provozní prostory.
- (c) únik radioaktivních látek do ovzduší, zadrženého uvnitř budovy a radiačně ekvivalentní únik řádu několika desítek GBq <sup>131</sup>I.

<sup>13</sup> V této souvislosti se pojmy primární a sekundární kontejnment týkají kontejnmentu (obálky) radioaktivních materiálů v zařízení bez reaktoru a neměly by být zaměňovány s podobnými výrazy používanými pro kontejnment reaktoru

<sup>14</sup> Prostory nepředpokládané v projektu jsou ty, jejichž projektové zásady (design basis) pro trvalé nebo dočasné stavby, nepředpokládají, že by během provozu nebo po nehodě mohla oblast zadržet a udržet úroveň kontaminace, k níž došlo, a zabránit šíření kontaminace mimo tento prostor. Příklady událostí spojených s kontaminací prostoru, které nejsou projektem předpokládány, jsou:

- kontaminace radioaktivní látkou mimo kontrolovaná nebo sledovaná pásma, kde se obvykle žádný takový materiál nevyskytuje, například podlahy, schodiště, pomocné budovy a sklady.
- kontaminace plutoniem nebo vysoce radioaktivními štěpnými produkty v prostorech, určených a vybavených pouze pro zpracování uranu.

<sup>15</sup> Provozní prostory jsou oblasti, kam mohou pracovníci vstupovat bez zvláštního povolení. To vylučuje prostory, kde jsou požadovány specifické kontroly (mimo obecný požadavek na osobní dozimetr a/nebo kombinézu), vzhledem k úrovni kontaminace nebo záření.



### 3.3. VÝPOČET RADIAČNÍHO EKVIVALENTU

Tabulka 4 uvádí izotopové konverzní koeficienty pro radiační ekvivalent kontaminace zařízení. Skutečná uvolněná aktivita by měla být násobena daným koeficientem a pak porovnána s hodnotami, uvedenými v definici jednotlivých úrovní pro izotopy, které jsou používány pro srovnání. Uniklo-li několik izotopů, vypočtou se hodnoty radiačního ekvivalentu pro každý z nich a sečtou se. Odvození těchto koeficientů je uvedeno v Příloze I.

### 3.4. PRACOVNÍ PŘÍKLADY

Účelem těchto příkladů je ilustrovat klasifikační návod obsažený v této části manuálu. Příklady jsou založeny na skutečných událostech, které ale byly mírně upraveny tak, aby ilustrovaly použití různých částí návodu. Poslední řádek tabulky udává klasifikaci, založenou na skutečných důsledcích (tj. s ohledem na kritéria v Oddílech 2 a 3). Tato nemusí být nutně konečnou klasifikací, když by bylo nutné uvážit kritéria ochrany do hloubky před stanovením konečné klasifikace.

TABULKA 4. RADIAČNÍ EKVIVALENT PRO KONTAMINACI ZAŘÍZENÍ

Isotop	Konverzní koeficient pro vzdušnou kontaminaci založený na ekvivalentu <sup>131</sup> I	Konverzní koeficient pro pevnou kontaminaci založený na ekvivalentu <sup>137</sup> Cs	Konverzní koeficient pro kapalnou kontaminaci založený na ekvivalentu <sup>99</sup> Mo
Am-241	2000	4000	50 000
Co-60	2,0	3	30
Cs-134	0,9	1	20
Cs-137	0,6	1	12
H-3	0,002	0,003	0,03
I-131	1	2	20
Ir-192	0,4	0,7	9
Mn-54	0,1	0,2	2
Mo-99	0,05	0,08	1
P-32	0,3	0,4	5
Pu-239	3000	5000	57 000
Ru-106	3	5	60
Sr-90	7	11	140
Te-132	0,3	0,4	5
U-235(S) <sup>a</sup>	600	900	11 000
U-235(M) <sup>a</sup>	200	300	3000
U-235(F) <sup>a</sup>	50	90	1000
U-238(S) <sup>a</sup>	500	900	10 000
U-238(M) <sup>a</sup>	100	200	3000
U-238(F) <sup>a</sup>	50	100	1000
Unat	600	900	11 000
Vzácné plyny	Zanedbatelné (efektivně 0)	Zanedbatelné (efektivně 0)	Zanedbatelné (efektivně 0)

<sup>a</sup>Typy plicní absorpce: S — pomalá, M — střední, F — rychlá.

V případě nejistoty použijte nejkonzervativnější hodnotu.

**Příklad 8. Událost v laboratoři produkující radionuklidové zářiče –  
Pod stupnicí/Stupeň 0***Popis události*

Událost nastala v laboratoři, v níž jsou vyráběny zdroje  $^{137}\text{Cs}$ . V důsledku přestavbových prací v jiné části budovy laboratoře se objevily problémy s udržení podtlaku v laboratoři. To vedlo ke kontaminaci vzduchu v laboratoři a potrubí připojeného k laboratoři  $^{137}\text{Cs}$ .

Událost vedla k malým dávkám (<1 mSv) pro pracovníky i obyvatele. Měření ukázalo, že množství rozptýlené aktivity uvnitř zařízení bylo přibližně 3-4 GBq  $^{137}\text{Cs}$ , a že množství aktivity uvolněné do životního prostředí přes větrací systém bylo přibližně 1-10 GBq.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Na základě Tabulky 2: 1-10 GBq $^{137}\text{Cs}$ je radiačně ekvivalentní 40-400 GBq $^{131}\text{I}$ , což je mnohem méně, než hodnota pro klasifikaci podle kritéria úniku "desítky až stovky TBq $^{131}\text{I}$ "
2.3. Dávky jednotlivcům	Všechny dávky jsou nižší než 1 mSv, takže klasifikace na základě individuálních dávek je Stupeň 0
3.2. Radiační bariéry a opatření v zařízení	Na základě Tabulky 4: únik 4 GBq $^{137}\text{Cs}$ do ovzduší je radiačně ekvivalentní 2,4 GBq $^{131}\text{I}$ , což je mnohem méně, než hodnota pro klasifikaci podle kritéria šíření kontaminace "několik desítek GBq $^{131}\text{I}$ "
Hodnocení skutečných následků	Pod stupnicí/Stupeň 0

**Příklad 9. Poškození paliva v reaktoru - Pod stupnicí/Stupeň 0***Popis události*

Během provozu reaktoru byl zjištěn mírný nárůst chladicí činnosti, což naznačilo, že došlo k nějakému malému poškození paliva. Úroveň poškození byla nicméně taková, že byla stanovena jako přijatelná pro další provoz. Na základě chladicí činnosti reaktoru, operátor zahájil přechod do režimu odstavení k výměně paliva s očekáváním, že bude nalezen malý počet porušených palivových tyčí z celkového počtu 3400. Skutečná inspekce však ukázala, že asi 200 (6% z celkového počtu) tyčí bylo porušeno, i když nedošlo k tavení paliva či významnému uvolnění radionuklidů z palivové matrice. Jako příčina byl zjištěn cizí materiál přítomný v chladiči reaktoru, který způsobil místní přehřátí paliva.



*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Neaplikovatelné. Žádný únik
2.3. Dávky jednotlivcům	Neaplikovatelné. Žádná dávka
3.2. Radiační bariéry a opatření v zařízení	Porušení 6% palivových tyčí vedlo k uvolnění zhruba 0,06% inventáře aktivní zóny do chladiva. To je méně, než kritérium pro Stupeň 4 a na základě tohoto kritéria klasifikujeme jako Stupeň 0
Hodnocení skutečných následků	Pod stupnicí/Stupeň 0 (kritérium ochrana do hloubky by dávalo vyšší klasifikaci)

**Příklad 10. Rozlití kapaliny znečištěné plutoniem na podlahu laboratoře - Stupeň 2***Popis události*

Došlo k odpojení pružné hadice pro přívod chladicí vody do skleněného kondenzátoru v rukavicovém boxu. Voda zaplavila rukavicový box a naplnila rukavice až praskly. Vytekla voda obsahovala asi 2,3 GBq  $^{239}\text{Pu}$ .

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Neaplikovatelné
2.3. Dávky jednotlivcům	Vzhledem k tomu, že došlo v vylití tekutiny, nedošlo k významnému ozáření pracovníků
3.2. Radiační bariéry a opatření v zařízení	Laboratoř nebyla projektována pro zachycení rozlité aktivity. Stupeň 2 pro rozlití kapaliny je definován jako radiačně ekvivalentní deseti TBq $^{99}\text{Mo}$ . V Oddíle 3.3 nalezneme 2,3 GBq $^{239}\text{Pu} \equiv 130 \text{ TBq } ^{99}\text{Mo}$ . Definice pro Stupeň 3 vyžaduje aktivitu několika tisíc TBq, takže 2,3 GBq je hluboce pod touto úrovní.
Hodnocení skutečných následků	Stupeň 2

**Příklad 11. Získávání plutonia v zařízení na přepracování paliva - Stupeň 2***Popis události*

Čtyři pracovníci vstoupili do kontrolovaného pásma, aby provedli práce na ventilačním systému. Práce zahrnovala odstranění součásti (přepážky) v místnosti nacházející se v budově se zařízením na zpracování plutonia. Zařízení nebylo provozováno od roku 1957 a bylo v klidu ve stavu přípravy na vyřazení z provozu.

Pracovníci měli na sobě ochranné pomůcky a monitorovací zařízení. Řezání přepážky probíhalo hodinu a 40 minut, přitom byl zpozorován prach padající z přepážky. Po zastavení práce a opuštění prostoru byla monitory osobní kontaminace zjištěna kontaminace oblečení všech pracovníků. Okamžitým opatřením byl zákaz práce v tomto pracovním místě pro postižené pracovníky a bylo zahájeno vyhodnocení dávek s pomocí biologických metod. Počáteční odhady ozáření byly nižší než efektivní dávka 11 mSv. Následně pak byly pro zúčastněné osoby stanoveny maximální úvahy efektivní dávky mezi 24 a 55 mSv. Roční limit v té době byl 50 mSv.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Neaplikovatelné. Nedošlo k žádnému úniku do životního prostředí
2.3. Dávky jednotlivcům	Jeden pracovník dostal dávku vyšší než roční limit. Počet pracovníků, kteří obdrželi takovou dávku, je nižší než 10, takže klasifikace se z důvodu zvýšení počtu zúčastněných osob nezvyšuje. Klasifikace: Stupeň 2.
3.2. Radiační bariéry a opatření v zařízení	Ke kontaminaci došlo v průběhu vyřazování z provozu určité části prostoru, který byl na případné kontaminace připraven (tj. prostor 'očekávaný projektem'). Kritéria proto nelze použít.
Hodnocení skutečných následků	Stupeň 2

**Příklad 12. Evakuace v blízkosti jaderného zařízení - Stupeň 4***Popis události*

Havárie v jaderné elektrárně, zahrnující přehřátí paliva, vedlo k poruše asi poloviny palivových proutků a následnému uvolnění radioaktivních látek (porucha asi poloviny palivových proutků, bez výrazného tavení paliva, by uvolnila zhruba 0,5% z celkového inventáře aktivní zóny). Místní policie po konzultaci s vlastníky licence a dozorným orgánem vydala okamžité rozhodnutí k evakuaci obyvatel v okruhu 2 km kolem zařízení, aby nikdo neobdržel dávku vyšší než 1 mSv. Dle posouzení úniku odborníky na zařízení, bylo navrženo přijmout jako celkovou uniklou aktivitu hodnotu kolem 20 TBq, kterou tvořilo asi 10% <sup>131</sup>I, 5% <sup>137</sup>Cs a zbytek vzácné plyny.

## Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Skutečnost, že byla provedena evakuace, není pro klasifikaci relevantní. Na základě Tabulky 2 je 1 TBq $^{137}\text{Cs}$ radiačně ekvivalentní 40 TBq $^{131}\text{I}$ , takže celkový únik je radiačně ekvivalentní 42 TBq $^{131}\text{I}$ , což se blíží hodnotě pro klasifikaci v podle kritérií úniku na Úrovni 4 'desítky až stovky TBq $^{131}\text{I}$ '.
2.3. Dávky jednotlivcům	Všechny dávky byly menší než 1 mSv, takže klasifikace založená na jednotlivé dávce je Stupeň 0.
3.2. Radiační bariéry a opatření v zařízení	Únik z paliva dosahuje hodnoty Stupně 4, "více než asi 0,1% ze inventáře aktivní zóny energetického reaktoru se uvolnilo z palivových souborů", ale je to méně než definice pro Stupeň 5, "více než několik procent inventáře aktivní zóny energetického reaktoru bylo uvolněno z palivových souborů"
Hodnocení skutečných následků	Stupeň 4

**Příklad 13. Tavení aktivní zóny reaktoru - Stupeň 5***Popis události*

Ventil kondenzačního systému selhal v uzavřené poloze, což snížilo množství napájecí vody dodávané do parního generátoru. Hlavní napájecí čerpadla a turbína vypnuly během několika vteřin.

Havarijní napájecí čerpadla zahájila činnost podle očekávání, ale nemohla vstříkovat napájecí vodu do parních generátorů, protože několik ventilů v tomto systému bylo uzavřeno. Hlavní cirkulační čerpadla reaktoru zůstala i nadále v činnosti a čerpala chladivo do parogenerátorů, přičemž na sekundární straně parogenerátorů nebylo odebíráno žádné teplo, protože v parních generátorech nebyla žádná voda.

Tlak v chladicím systému reaktoru vzrostl a vedl až k odstavení reaktoru. Pojišťovací ventil na převýšení výkonu otevřel potrubí mezi kompenzátorem objemu a barbotážní nádrží („quench tank“), ale operátor nevěděl, že došlo k selhání uzavření ventilu, takže i nadále unikala pára do barbotážní nádrže. V systému chlazení reaktoru klesl tlak. V barbotážní nádrži praskla pojistná membrána a pára se šířila do kontejnmentu (ochranné obálky). Vzhledem k poklesu tlaku chladiva se voda v horní části reaktoru (asi 3-5 m nad palivem) změnila v páru.

Operátoři vypnuli čerpadla havarijního (nouzového) chlazení reaktoru, protože si mysleli, že v kompenzátoru objemu je stále ještě dost vody. Operátoři rovněž vypnuli hlavní cirkulační čerpadla reaktoru, protože se obávali možných škod v důsledku nadměrných vibrací. To vedlo k vytvoření parní bubliny v chladicí smyčce reaktoru. Kromě toho vznikla parní bublina i nad palivem v horní části reaktoru. Nakonec vzhledem k vývinu tepla v palivu bublina expandovala, došlo přehřátí materiálu pokrytí paliva a více než 10% paliva se roztavilo. Systém kontejnment zůstal neporušen.

Následně byla do systému chlazení reaktoru dodána voda a bylo zajištěno chlazení reaktoru.

Studie ukazovaly, že únik z lokality byl malý a maximální možné ozáření vně lokality bylo rovno efektivní dávce 0,8 mSv. Dávky pracovníků byly hluboko pod ročními limity.

#### *Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Ačkoliv nebyly poskytnuty podrobné údaje o množství uvolněné aktivity, lze odvodit z malých dávek, že úroveň emisí do životního prostředí byla řádově nižší než hodnota pro Stupeň 4
2.3. Dávky jednotlivcům	Dávky pro obyvatele byly menší než 1 mSv a dávky pro pracovníky nedosáhly stanovených ročních dávkových limitů.
3.2. Radiační bariéry a opatření v zařízení	Došlo k roztavení více než několika procent aktivní zóny, což vede ke klasifikaci Stupeň 5
Hodnocení skutečných následků	Stupeň 5

## 4. POSOUZENÍ DOPADU NA OCHRANU DO HLOUBKY PRO UDÁLOSTI SPOJENÉ S PŘEPRAVOU A ZDROJI ZÁŘENÍ

Tato část se zabývá těmi událostmi, kde nedošlo k žádným „skutečným důsledkům“, ale selhalo některé z bezpečnostních opatření (resp. předpisy). Záměrně zařazená opatření nebo více bariér nazýváme 'ochrana do hloubky'. Příloha I obsahuje další podklady o koncepci ochrany do hloubky, zejména pro velká zařízení.

Návod uvedený v tomto Oddílu je určen pro činnosti spojené se zdroji záření a přepravou radioaktivních látek. Návod pro urychlovače a zařízení zahrnující výrobu a distribuci radionuklidů nebo použití zdrojů kategorie 1, je uveden v Oddíle 6.

Bezpečnost obyvatel a pracovníků během přepravy a použití zdrojů záření je zajištěno dobrou konstrukcí, dobře řízeným provozem, administrativními opatřeními a řadou ochranných systémů (např. blokovacím zařízením, alarmy a fyzickými bariérami). Princip ochrany do hloubky je u těchto bezpečnostních opatření aplikován tak, že se počítá s možností selhání techniky, lidského faktoru a výskytem neplánovaného vývoje událostí.

Ochrana do hloubky je tak kombinací konzervativního projektu, zajištění jakosti, sledování stavu zmírňujících opatření a obecné kultury bezpečnosti, která posiluje každý z dalších aspektů.

Metodika klasifikace INES uvažuje počet bezpečnostních opatření, které ještě zůstaly účinné v případě události a možné následky, pokud by všechna bezpečnostní opatření selhala.

Stejně jako tyto faktory uvažuje metodika INES také „přídavné faktory“ (tj. ty aspekty události, které mohou naznačovat hlubší degradaci uvnitř řízení nebo uspořádání kontroly činností spojených s událostí).

Tento Oddíl je rozdělen do tří hlavních částí. První část (Oddíl 4.1) poskytuje obecné zásady, které mají být použity ke klasifikaci událostí podle ochrany do hloubky. Protože potřebují pokrýt širokou škálu typů událostí, jsou obecné povahy. Aby bylo zajištěno, že jsou uplatňovány konsistentním způsobem, Oddíl 4.2 dává podrobnější návod. Třetí část (Oddíl 4.3) předkládá řadu pracovních příkladů.

### 4.1. OBECNÉ ZÁSADY PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ

Přestože INES vyčleňuje tři Stupně z hlediska dopadu na ochranu do hloubky, maximální možné důsledky pro některé činnosti, i když všechna bezpečnostní opatření selhávají, jsou omezeny inventářem radioaktivních látek a mechanismem úniku. Není vhodné, aby události, spojené s ochranou do hloubky těchto praktických činností, byly dle principu ochrany do hloubky klasifikovány nejvyššími Stupni. Pokud maximální možné důsledky pro konkrétní činnost nemohou být klasifikovány výše než Stupněm 4 na stupnici INES, je vhodná maximální klasifikace podle ochrany do hloubky Stupněm 2. Podobně, pokud maximální možné důsledky nemohou být klasifikovány výše než Stupněm 2, pak maximální klasifikace dle ochrany do hloubky je Stupeň 1.

Při zjišťování horní meze klasifikace dle ochrany do hloubky, je pak nutné zvážit, jaká bezpečnostní opatření jsou ještě dostupná (tj. jaká další (dodatečná) selhání bezpečnostních opatření budou uvažována, aby výsledkem praktické činnosti byly maximální možné důsledky). To zahrnuje uvažování hardwaru a administrativních systémů,

prevenci, kontrolu (řízení), zmírňování následků, včetně pasivních a aktivních bariér. Pozornost je také věnována tomu, zda byly patrné všechny otázky související s událostí a otázky kultury bezpečnosti, které mohly ovlivnit vzrůst pravděpodobnosti, že při události dojde k nejvyšším možným důsledkům.

Pro klasifikaci události by měly být proto sledovány následující kroky:

- (1) horní hranice pro klasifikaci podle ochrany do hloubky by měla být stanovena určením klasifikace pro maximální možné následky relevantní praktické činnosti („practices“) na základě kritérií uvedených v Oddílech 2 a 3 této příručky. Podrobný návod na stanovení maximálních možných důsledků je uveden v Oddíle 4.2.1.
- (2) skutečná klasifikace by pak měla být stanovena:
  - (a) nejprve s přihlédnutím k počtu a účinnosti bezpečnostních opatření (hardwarových a administrativních), která jsou k dispozici pro prevenci, sledování stavu a zmírňování následků (resp. průběhu), včetně pasivních a aktivních bariér;
  - (b) za druhé se zvážením těch aspektů kultury bezpečnosti pro tuto událost, které mohou znamenat větší nedostatečnost („degradaci“) bezpečnostních opatření nebo organizačního uspořádání.

Podrobný návod na tyto dva aspekty klasifikačního procesu je uveden v Oddíle 4.2.

Kromě posuzování události podle ochrany do hloubky, musí být každá událost rovněž posouzena podle kritérií v Oddílech 2 a 3 (pokud jsou aplikovatelná).

## 4.2. DETAILNÍ NÁVOD PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ

### 4.2.1. Zjištění maximálně možných následků

Maximální možné důsledky jsou odvozeny dle kategorie zdroje a jsou založeny na aktivitě zdroje (A) a hodnotě D pro zdroje dle Kategorizace radionuklidových zářičů MAAE ([1] - IAEA's Categorization of Radioactive Sources) a její podpůrné referenci [5]. Maximální možné následky nejsou závislé na detailních okolnostech skutečné události. Hodnoty D jsou uvedeny ve smyslu aktivity, nad níž je zdroj považován za 'nebezpečný zdroj', a má značný potenciál způsobit vážné deterministické účinky, pokud se s ním nenakládalo bezpečně a nebyl zabezpečen. Hodnoty D z Bezpečnostního návodu (Safety Guide [1]), který obsahuje více běžných izotopů, jsou uvedeny v Dodatku III. Jestliže jsou požadovány hodnoty D pro ostatní izotopy, je možné je nalézt v podpůrné referenci [5].

Tabulka 5 ukazuje vztah mezi hodnotou A/D, kategorií zdroje a hodnocením maximálních možných následků (při selhání všech bezpečnostních opatření). Ukazuje také maximální klasifikaci dle ochrany do hloubky pro každou kategorii zdrojů v souladu s obecnými zásadami pro klasifikaci událostí popsány dříve. Skutečná klasifikace bude stejná nebo nižší, než je uvedeno na spodním řádku této tabulky, kde je použit klasifikační návod uvedený v Oddíle 4.2.2.

Vzhledem k tomu, že maximální klasifikace dle ochrany do hloubky je stejná pro zdroje kategorie 2 a 3, jsou tyto v ostatních částech tohoto Oddílu posuzovány společně.



TABULKA 5. VZTAH MEZI POMĚREM A/D, KATEGORIÍ ZDROJE, MAXIMÁLNÍMI POTENCIÁLNÍMI DŮSLEDKY A KLASIFIKACÍ DLE OCHRANY DO HLOUBKY

Poměr A/D	$0,01 \leq A/D < 1$	$1 \leq A/D < 10$	$10 \leq A/D < 1000$	$1000 \leq A/D$
Kategorie zdroje	Kategorie 4	Kategorie 3	Kategorie 2	Kategorie 1
Klasifikace pro maximální možné následky při selhání všech bezpečnostních opatření	2	3	4	5 <sup>a</sup>
Maximální klasifikace s použitím kritéria ochrany do hloubky	1	2	2	3

<sup>a</sup>Pro události týkající se radionuklidových zářičů nejsou vyšší Stupně považovány za věrohodné.

Hodnoty D se nevztahují konkrétně k vyhořelému jadernému palivu. Události, které zahrnují přepravu vyhořelého jaderného paliva, by však měly být hodnoceny podle návodu v Oddíle 4.2.2 pro kategorii zdrojů 1.

Jak bylo výše uvedeno, klasifikace událostí na urychlovačích používá návodu v Oddíle 6. Pro ostatní generátory záření je platný návod v tomto Oddílu. Pro kategorizaci generátorů záření neexistuje nicméně žádná jednoduchá metoda, která by byla založena na jejich velikosti, atd. Proto je třeba použít obecné zásady INES. U přístrojů, kde v žádném případě nemůže dojít k deterministickým účinkům, i když selhala všechna bezpečnostní opatření, by mělo být provedeno hodnocení podle návodu v Oddíle 4.2.2 pro zdroje kategorie 4. U přístrojů, kde by mohly nastat deterministické účinky, pokud všechna bezpečnostní opatření selžou, by měly být události klasifikovány podle návodu v Oddíle 4.2.2 pro zdroje kategorie 2 a 3.

V Tabulce 5 nejsou zdroje kategorie 5 zahrnuty ani nejsou brány v úvahu v klasifikačních tabulkách Oddílu 4.2.2. Kategorizace radionuklidových zářičů MAAE [1] vysvětluje, že zdroje kategorie 5 nemohou způsobit trvalé zranění osob. Události, zahrnující selhání bezpečnostních opatření pro tyto zdroje tak musí být klasifikovány na stupnici INES jen podle ochrany do hloubky „Pod stupnicí/Stupeň 0“ nebo na Úrovni 1. Jednoduchý návod, zda je vhodnější klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0 nebo Stupeň 1, je uveden v úvodu Oddílu 4.2.2.

Tam, kde se událost týká několika zdrojů nebo počtu přepravních radioaktivních zásilek, je třeba zvážit, zda použít inventář jedné položky nebo celkový inventář radioaktivních zásilek/zdrojů. Pokud snížení požadavků na bezpečnost může ovlivnit všechny položky (např. požár), pak by měl být použit celkový inventář. Jestliže snížení požadavků na bezpečnost může ovlivnit pouze jedinou položku (např. nedostatečné označení jedné radioaktivní zásilky), měl by být použit inventář postižené radioaktivní zásilky. Metodika pro výpočet celkové hodnoty D se uvádí v Příloze III.

S cílem, umožnit pokrytí širokého spektra možných událostí tímto návodem, by měly být dodržovány následující kroky tak, aby byly vzaty v úvahu maximální možné důsledky při hodnocení události:

- jestliže je známa aktivita, měla by být hodnota A/D určena tak, že aktivitu (A) radionuklidu dělíme hodnotou D. Poměr A/D by pak měl být pro přidělení kategorie porovnán s poměry A/D v Tabulce 5.
- jestliže není známa skutečná aktivita (např. neidentifikovaný zdroj nalezený v kovovém šrotu), je třeba aktivitu odhadnout ze známých nebo změřených dávkových příkonů a z identifikace radionuklidu. Přidělená kategorie by měla být založena na poměru A/D.
- jestliže není známa skutečná aktivita a není k dispozici měření dávkového příkonu, měla by být oceněna kategorie zdroje na základě veškerých dostupných znalostí o využívání zdroje. Příklady použití různých zdrojů a jejich pravděpodobných kategorií uvádí Příloha IV.
- pro události, týkající se radioaktivních zásilek, obsahujících štěpné látky (mimo ty, které jsou definovány podle Převážných pravidel [6] jako „vyjmuté štěpné“):
  - tam, kde jsou ovlivněna bezpečnostní opatření nezbytná k zabránění kritičnosti, by měla být událost klasifikována v případě, že radioaktivní zásilka obsahuje zdroj kategorie 1.
  - pokud dojde k selhání opatření, které se netýká bezpečnosti vztažené ke kritičnosti neozářeného paliva, klasifikace by měla být založena na skutečné aktivitě s využitím poměru A/D. Pro vyhořelé palivo by měl být obecně používán sloupec pro zdroje kategorie 1, nicméně mohla by být vypočítána a používána skutečná hodnota A/D, je-li množství ozářeného materiálu velmi malé.

#### 4.2.2. Klasifikace založená na účinnosti bezpečnostních opatření

V následujících oddílech je vodítkem pro klasifikaci počet typů událostí, spojených s degradací bezpečnostních opatření. Oddíl 4.2.2.2 pokrývá události, zahrnující ztracené nebo nalezené radionuklidové zářiče, zařízení nebo přepravované radioaktivní zásilky. Oddíl 4.2.2.3 se týká událostí, kde byla narušena očekávaná bezpečnostní opatření. Oddíl 4.2.2.4 zahrnuje řadu dalších událostí, souvisejících s bezpečností.

Ve všech případech, kdy existuje možnost volby klasifikace, budou uvažované otázky podporovány zahrnutím kultury bezpečnosti. Proto je v Oddíle 4.2.2.1 uveden další návod, týkající se tohoto aspektu. V některých případech volby klasifikace je třeba uvážit i další faktory. Jako vodítko pro specifické faktory, které mají být vzaty v úvahu, jsou uváděny poznámky pod čarou.

Události spojené se zdroji kategorie 5, které nejsou v následujících Oddílech zahrnuty, jsou obvykle klasifikovány Pod stupnicí/Stupeň 0. Klasifikace Stupněmí 1 by však byla vhodná, jestliže všechna plánovaná bezpečnostní opatření evidentně selhala nebo existují důkazy o významných nedostacích v kultuře bezpečnosti. Tam, kde nebyla úmyslně zajištěna zvláštní opatření ohledně umístění zdrojů kategorie 5, by měla být jejich ztráta klasifikována Pod stupnicí/Stupeň 0.

#### 4.2.2.1. Úvaha o zahrnutí kultury bezpečnosti

Kultura bezpečnosti je definována jako „souhrn vlastností a postojů organizací a jednotlivců, který stanovuje, že ochraně a bezpečnosti je věnována prvořadá pozornost, zaručená jejich významem“ [7]. Dobrá kultura bezpečnosti přispívá k předcházení nehodám, ale na druhou stranu by nedostatek kultury bezpečnosti mohl vést u pracovníků k postupům, které nejsou v souladu s předpoklady projektu. Kulturu bezpečnosti je proto třeba považovat za součást ochrany do hloubky.

Aby si událost zasloužila výběr vyšší klasifikace z důvodu kultury bezpečnosti, musí být považována za skutečný ukazatel (indikátor) problému s kulturou bezpečnosti. Příkladem takových ukazatelů mohou být:

- porušení schválených limitů nebo požadavků nebo porušení postupu bez předchozího schválení;
- nedostatky v procesu zajišťování jakosti;
- akumulace lidských chyb;
- neschopnost dodržet řádnou kontrolu nad radioaktivními látkami, včetně jejich uvolnění do životního prostředí, šíření kontaminace nebo selhání v systémech kontroly dávek, nebo
- opakování události, existuje-li důkaz, že operátor nevěnoval odpovídající péči vyvození důsledků, resp. poučení z minulé události nebo nebyla přijata po první události nápravná opatření.

Je důležité si uvědomit, že cílem tohoto návodu není zahájit dlouhé a podrobné posuzování, ale uvážit, zda existuje okamžité rozhodnutí, které může být uděláno pro událost s pomocí takovéto klasifikace. Zjistit, zda klasifikace události by se měla zvýšit z důvodu kultury bezpečnosti je bezprostředně po události často obtížné. V tomto případě by měla být poskytnuta prozatímní klasifikace na základě toho, co je v dané době známo a konečná klasifikace pak vezme v úvahu další informace vztahující se ke kultuře bezpečnosti, které vyplynuly z podrobného vyšetřování.

#### 4.2.2.2. Události zahrnující ztracený nebo nalezený radionuklidový zářič /zařízení

Pro události, zahrnující radionuklidové zářiče, zařízení a radioaktivní zásilky, které byly špatně umístěné, ztracené, odcizené nebo nalezené, by měla být použita Tabulka č.6. Jestliže nemohou být zářič, zařízení nebo radioaktivní zásilka lokalizovány, mohou být v prvním okamžiku považovány za "chybějící". Pokud je však hledání v pravděpodobných alternativních lokalitách neúspěšné, je třeba uvážit ztrátu nebo odcizení v souladu s vnitrostátními předpisy.

Ztráta radionuklidového zářiče, zařízení nebo radioaktivní zásilky by měla být klasifikována z hlediska „degradace ochrany do hloubky“. Pokud je radionuklidový zářič, zařízení nebo radioaktivní zásilka následně nalezena, pak dřívější ztráta a následné nalezení zdroje by měly být považovány za jednu událost. Původní klasifikace by měla být revidována (přezkoumána) a událost může být překlasifikována (nahoru nebo dolů) na základě jakékoli dostupné další dodatečné informace. Relevantní informace, které by měly být uvažovány, zahrnují:

- místo, v němž byl zářič, zařízení nebo radioaktivní zásilka nalezena, a jak se tam dostaly;
- stav zářiče, zařízení nebo radioaktivní zásilky;
- doba, jak dlouho byl zářič, zařízení nebo radioaktivní zásilka ztraceny;
- počet ozářených osob a možné dávky.

Revidovaná klasifikace by měla zahrnovat jak původní klasifikaci dle ochrany do hloubky, tak skutečné důsledky. Ve většině případů bude nutné odhadnout nebo vypočítat dávky, které byly obdrženy, s využitím reálných předpokladů, a nikoliv nejhoršího scénáře.

Nalezený radionuklidový zářič a nalezené zařízení jsou uvažovány společně v Tabulce č.6. Jako radionuklidový zářič popisujeme nestíněný zářič. Na druhé straně, nalezeným zařízením rozumíme objev opuštěného zdroje, stále ještě v neporušeném stínícím kontejneru.

Existuje mnoho příkladů ztracených nebo opuštěných zářičů, které byly převedeny do kovového odpadu pro recyklaci kovů. V důsledku toho je pro dealery kovů a taviče ocelí stále běžnější kontrolovat přítomnost takovýchto zářičů v příchozích zásilkách kovového šrotu. Nejvhodnější pro klasifikaci takovýchto událostí je určení pomocí řádky "nalezení opuštěného zářiče" v Tabulce č.6. Jestliže byl zářič roztaven, je třeba použít vyšší klasifikaci. Je-li zářič objeven před roztavením, klasifikace by měla záviset na tom, zda zůstala účinná nějaká bezpečnostní opatření, jak je vysvětleno v poznámce 1 pod čarou.

Pro události, související s kontaminovanými kovy, nemusí být určení kategorie zdroje na základě návodu v Oddíle 4.2.1. praktické. V těchto případech by měl být v této oblasti měřen dávkový příkon a odhadnuty dávky na obyvatele. Klasifikace by pak měla být založena na těchto potenciálních dávkách.

#### *4.2.2.3. Události zahrnující degradaci bezpečnostních opatření*

Pro události, kdy radionuklidový zářič, zařízení nebo radioaktivní zásilka je na místě, kde se to očekává, ale došlo k degradaci bezpečnostních opatření, by měla být použita Tabulka č. 7. Opatření zahrnují celou řadu hardwarových opatření, jako je obalový soubor nebo kryt zářiče, jiné stínění nebo kontejnmentové systémy, blokovací zařízení („interlocks“) nebo jiná bezpečnostní a výstražná zařízení. Patří sem i administrativní opatření, jako je označování radioaktivních zásilek, přepravní dokumentace, pracovní instrukce a havarijní plány nebo řády, radiční monitorování (sledování) a využívání osobních dozimetrů s alarmem. Zařízení, jako ozařovače se zdroji kategorie 1, teleterapeutické jednotky nebo lineární urychlovače pravděpodobně obsahují opatření ochrany do hloubky s vysokou integritou. Jak bylo zmíněno v úvodu tohoto Oddílu, měly by být události spojené s degradací bezpečnostních opatření v takových zařízeních klasifikovány s využitím Oddílu č.6.

TABULKA 6 KLASIFIKACE UDÁLOSTI PRO ZTRACENÉ NEBO NALEZENÉ  
RADIONUKLIDOVÉ ZÁŘIČE, ZAŘÍZENÍ OBSAHUJÍCÍ ZÁŘIČE, NEBO  
RADIOAKTIVNÍ ZÁSILKY

Typ událostí	Klasifikace událostí podle kategorie zdroje		
	Kat.4	Kat.3 nebo Kat.2	Kat.1
Chybějící radionuklidový zářič, zařízení nebo radioaktivní zásilka, které byly následně objeveny v neporušeném stavu v kontrolovaném prostoru	1	1	1
Nalezený zdroj, zařízení (včetně opuštěných zdrojů a zařízení) nebo radioaktivní zásilka	1	1 nebo 2 (Poznámka a)	2 nebo 3 (Poznámka a)
Ztracený nebo odcizený radionuklidový zářič, zařízení nebo radioaktivní zásilka dosud nezajištěné	1	2	3
Ztracený nebo odcizený radionuklidový zářič, zařízení nebo radioaktivní zásilka následně lokalizované s potvrzením, že nedošlo k žádnému neplánovanému ozáření, ale kde bylo učiněno a schváleno rozhodnutí, že nebude zajištěn, protože je v bezpečném a nepřístupném místě (např. pod vodou)	1	1	1
Špatně doručená radioaktivní zásilka s tím, že jiný příjemce má všechny postupy radiační ochrany, které jsou vyžadovány pro zacházení s radioaktivní zásilkou	0 nebo 1	1	1
Špatně doručená radioaktivní zásilka s tím, že jiný příjemce nemá všechny postupy radiační ochrany, které jsou vyžadovány pro zacházení s radioaktivní zásilkou	1	1 nebo 2 (Poznámka b)	2 nebo 3 (Poznámka b)

<sup>a</sup> Nejnižší navrhovaná klasifikace je vhodnější, pokud je zřejmé, že některá bezpečnostní opatření zůstala účinná (např. kombinace stínění, zamykací zařízení a výstražné značky).

<sup>b</sup> Nižší klasifikace může být vhodnější v případě, že zařízení má některé příslušné postupy radiační bezpečnosti.

TABULKA 7. KLASIFIKACE UDÁLOSTI PRO UDÁLOSTI ZAHRNUJÍCÍ NEDOSTATEK (DEGRADACI) BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ (PŘEDPISŮ)<sup>16</sup>

Typ událostí	Klasifikace událostí podle kategorie zdroje		
	Kat.4	Kat.3 nebo Kat.2	Kat.1
<b>A. žádný nedostatek (degradace) bezpečnostních opatření (předpisů).</b>			
Výskyt abnormální události nemá žádný význam vzhledem k účinnosti stávajících bezpečnostních opatření. Typickými událostmi jsou:			
- Povrchové poškození stínění a/nebo obalových souborů/obalů pro zdroje nebo únik (vytečením, rozlitím, prosakováním, vysypáním) zdrojů, což vede k malé povrchové kontaminaci a rozlití (rozptylu) a vzniku nízké úrovně kontaminace osob	1	1	1
- Povrchové poškození stínění a/nebo obalových souborů/obalů pro zdroje nebo únik (vytečením, rozlitím, prosakováním, vysypáním) zdrojů, což vede k malé povrchové kontaminaci a rozlití (rozptylu) a vzniku neobvyklé kontaminace, která ale má jen malý nebo žádný radiační význam	0 nebo 1	0 nebo 1	0 nebo 1
- Kontaminace v prostorech, navržených (projektovaných) pro zvládnutí takovýchto událostí	0 nebo 1	0 nebo 1	0 nebo 1
- Předvídatelné události, kde bezpečnostní postupy byly při prevenci neplánovaných ozáření a při znovuvytvoření normálních podmínek účinné. Zahrnuty mohou být události, jako je nevrácení použitých zářičů (např. zářiče pro defektoskopii nebo pro brachyterapii) za předpokladu, že jsou bezpečně zajištěny v souladu se stávajícími havarijními postupy	0 nebo 1	0 nebo 1	0 nebo 1
- Žádné poškození nebo drobné poškození radioaktivní zásilky bez navýšení dávkového příkonu (dose rate)	0 nebo 1	0 nebo 1	0 nebo 1

<sup>16</sup> Pokud máme volbu klasifikace, je významným faktorem skutečnost, zda existují nějaké důsledky (implikace) kultury bezpečnosti - jak je popsáno v Oddíle 4.2.2.1.



TABULKA 7. KLASIFIKACE UDÁLOSTI PRO UDÁLOSTI ZAHRNUJÍCÍ NEDOSTATEK (DEGRADACI) BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ (PŘEDPISŮ)<sup>16</sup>

Typ událostí	Klasifikace událostí podle kategorie zdroje		
	Kat.4	Kat.3 nebo Kat.2	Kat.1
<b>B. Částečně zbývající bezpečnostní opatření</b>			
Jedno nebo více bezpečnostních opatření selhalo (z jakéhokoliv důvodu), ale alespoň jedno bezpečnostní opatření zbývá.			
Typickými událostmi jsou:			
- Selhání části instalovaného výstražného (varovného) nebo bezpečnostního systému navrženého tak, aby se zabránil ozáření většími dávkovými příkony	0 nebo 1 (Poznámka pod čarou <sup>a)</sup> )	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>a)</sup> )	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>b)</sup> )
- Nedodržení bezpečnostních postupů (včetně radiačního monitorování a bezpečnostních kontrol), ale tam, kde ostatní stávající bezpečnostní opatření (hardware) zůstávají účinná	0 nebo 1 (Poznámka pod čarou <sup>a)</sup> )	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>a)</sup> )	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>b)</sup> )
- Významné degradace kontejnmentových systémů nebo vadné uzávěry.	0 nebo 1 (Poznámka pod čarou <sup>a)</sup> )	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>a)</sup> )	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>b)</sup> )
- Použití nesprávného obalového souboru nebo jeho špatné upevnění na dopravní prostředek. Zařízení indikující neoprávněnou manipulaci je neúčinné.	0 nebo 1 (Poznámka pod čarou <sup>c)</sup> )	0 nebo 1 (Poznámka pod čarou <sup>c)</sup> )	0 nebo 1 (Poznámka pod čarou <sup>c)</sup> )
<b>C. Žádná bezpečnostní opatření nezůstala</b>			
Událost vytvářející značný potenciál pro neplánované ozáření, nebo která vytváří značné riziko šíření kontaminace v prostorech, kde chybí opatření.			
Typickými událostmi jsou:			
- Ztráta stínění (např. důsledek požáru nebo vážného poškození, umožňující přímé ozáření zářičem).	1	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>d)</sup> )	2 nebo 3 (Poznámka pod čarou <sup>e)</sup> )
- Selhání výstražných a bezpečnostních zařízení takové, že je možný vstup do prostorů s vysokým dávkovým příkonem.	1	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>d)</sup> )	2 nebo 3 (Poznámka pod čarou <sup>e)</sup> )

TABULKA 7. KLASIFIKACE UDÁLOSTI PRO UDÁLOSTI ZAHRNUJÍCÍ NEDOSTATEK (DEGRADACI) BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ (PŘEDPISŮ)<sup>16</sup>

Typ událostí	Klasifikace událostí podle kategorie zdroje		
	Kat.4	Kat.3 nebo Kat.2	Kat.1
- Selhání při monitorování radiační úrovně, kde už nezůstávají žádná jiná bezpečnostní opatření, nebo všechna ostatní bezpečnostní opatření selhala (např. kontrola, že zářiče jsou po ozařování plně zasunuty).	1	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>d</sup> )	2 nebo 3 (Poznámka pod čarou <sup>e</sup> )
- Události, kde zářič zůstává neúmyslně (náhodně) v ozařovací poloze, a neexistují žádné účinné postupy pro zvládnutí této situace, nebo pokud jsou takové postupy ignorovány.	1	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>d</sup> )	2 nebo 3 (Poznámka pod čarou <sup>e</sup> )
- U obalového souboru bylo shledáno nedostatečné nebo žádné stínění, kdy existuje významný potenciál pro ozáření	1	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>d</sup> )	2 nebo 3 (Poznámka pod čarou <sup>e</sup> )

<sup>a</sup> Nižší klasifikace může být vhodná, pokud existuje řada zůstávajících bezpečnostních opatření a neexistují žádné významné důsledky pro kulturu bezpečnosti. Tam, kde zůstává v podstatě pouze jedna bezpečnostní vrstva, by měla být použita vyšší klasifikace

<sup>b</sup> Klasifikace událostí, zahrnujících částečnou degradaci bezpečnostních opatření pro zářiče kategorie 1 instalované na pracovišti, by měla být založena na „přístupu bezpečnostní vrstvy“ ke klasifikacím popsaným v Oddíle 6. Klasifikace jiných událostí, týkajících se zářičů kategorie 1, by měl být Stupeň 1 nebo 2, nižší klasifikace je vhodnější, jen pokud zůstává řada bezpečnostních opatření bez výrazných důsledků pro kulturu bezpečnosti.

<sup>c</sup> Horní úroveň by byla vhodná, pokud není úroveň degradace velmi nízká.

<sup>d</sup> Maximální možné (potenciální) důsledky pro zářič kategorie 3 instalovaný v pevné pozici na pracovišti nemohou být vyšší než Stupeň 2. Proto by pro události v těchto zařízeních mělo být maximum dle ochrany do hloubky na Stupni 1.

<sup>e</sup> Stupeň 3 je vhodný pouze když maximální možné důsledky mohou být větší než Stupeň 4. Pracoviště používající zářiče kategorie 1 by měla být klasifikována podle návodu v Oddíle 6. Aplikace tohoto návodu by měla dát klasifikaci Stupeň 3 pouze tehdy, existuje-li možnost rozptýlení radioaktivní látky. Pokud se událost týká pouze degradace bezpečnostních opatření pro předcházení přezáření pracovníků, dával by návod klasifikaci Stupeň 2.

#### 4.2.2.4. Jiné bezpečnostně relevantní události

Pro jiné bezpečnostně relevantní události, které nejsou zahrnuty v předcházejících tabulkách by měl být použita Tabulka č.8.

TABULKA 8. KLASIFIKACE JINÝCH BEZPEČNOSTNĚ RELEVANTNÍCH UDÁLOSTÍ<sup>17</sup>

Typ událostí	Klasifikace událostí podle kategorie záříče		
	Kat.4	Kat.3 nebo Kat.2	Kat.1
Jednotlivý obyvatel, který obdržel při jedné události dávku přesahující stanovené roční dávkové limity.	1	1	1
Pracovníci nebo jednotliví obyvatelé, kteří obdrželi kumulativní dávky přesahující stanovené roční dávkové limity.	1	1	1
Chybějící záznamy nebo vážné nedostatky v záznamech jako jsou soupisy záříčů, selhání dozimetrických opatření.	1	1	1
Úniky do životního prostředí překračující povolené limity	1	1	1
Nedodržování podmínek povolení k přepravě	1	1	1
Nedostatečné radiální měření přepravy	0 nebo 1 (Poznámka pod čarou <sup>a</sup> )	0 nebo 1 (Poznámka pod čarou <sup>a</sup> )	0 nebo 1 (Poznámka pod čarou <sup>a</sup> )
Kontaminace na radioaktivní zásilce/dopravním prostředku, kde výsledná kontaminace má malý nebo žádný význam z hlediska radiální ochrany	0 nebo 1	0 nebo 1	0 nebo 1
Kontaminace na radioaktivní zásilce/dopravním prostředku, kde více měření ukazuje zvýšenou kontaminaci přesahující přípustné limity a kde je možnost kontaminace obyvatel	1	1	1
Nesprávné nebo chybějící přepravní doklady, bezpečnostní označení na radioaktivní zásilce nebo velké bezpečnostní značky na vozidle.	0 nebo 1	0 nebo 1	0 nebo 1
Nesprávné nebo chybějící označení radioaktivních zásilek.			
Radioaktivní látka v údajně prázdných obalových souborech.	1	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>b</sup> )	1, 2 nebo 3 (Poznámka pod čarou <sup>b</sup> )
Radioaktivní látka v nesprávném typu obalového souboru nebo v nevhodném obalovém souboru.	0 nebo 1 (Poznámka pod čarou <sup>c</sup> )	1 nebo 2 (Poznámka pod čarou <sup>c</sup> )	2 nebo 3 (Poznámka pod čarou <sup>c</sup> )

a Klasifikace by měla vzít v úvahu stupeň nedostatečnosti dozoru nebo přehledu, jakož i veškeré implikace kultury bezpečnosti

b Výběr klasifikace by měl brát v úvahu bezpečnostní opatření, které mohla být ještě stále účinná i když se předpokládalo, že obalový soubor je prázdný.

c Vyšší klasifikace je v každé kategorii odrazem situací, kdy špatný nebo nevhodný obalový soubor by mohl důvodně vést k neúmyslnému ozáření.

<sup>17</sup> Existuje-li volba klasifikace, pak významným faktorem je to, zda byla narušena kultura bezpečnosti, jak je popsáno v Oddíle 4.2.2.1.

## 4.3. PRACOVNÍ PŘÍKLADY

**Příklad 14. Odpojení a zajištění defektoskopického zářiče – Pod stupnicí/Stupeň 0***Popis události*

V petrochemickém závodě probíhaly defektoskopické práce za použití 1 TBq  $^{192}\text{Ir}$  zářiče. Během expozice se zářič odpojil v ozařovací poloze. Toto bylo zjištěno, když pracovník defektoskopie vstoupil znovu do tohoto prostoru s kontrolním měřidlem. Bariéry (hranice) kontrolovaného pásma byly zkontrolovány a ponechány na místě, byla vyžádána pomoc dozorných (národních) orgánů. Pracovníci dozorných orgánů a defektoskopie společně naplánovali postup zajištění zářiče. Dvanáct hodin po události bylo poprvé zjištěno, že zářič byl úspěšně zajištěn. Obdržené dávky (třemi osobami) v důsledku události včetně zajištění zdroje byly nižší než 1 mSv.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Obdržené dávky byly nižší než je hodnota pro Stupeň 1.
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Hodnota D pro $^{192}\text{Ir}$ je 0,08 TBq, takže poměr A/D byl 12 (tj. zářič kategorie 2).
4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:	Toto je předvídatelná událost v defektoskopii a pohotovostní plány a vybavení k řešení takových událostí by měly být k dispozici. Monitorování pracovníka defektoskopie bylo také účinné. Na základě čtvrté odrážky Oddílu A v Tabulce č.7 "Předvídatelné události, kde bezpečnostní postupy byly při prevenci neplánovaných ozáření a návratu k normálním podmínkám účinné" může být klasifikace buď Pod stupnicí/Stupeň 0 nebo Stupeň 1. Zvolena byla Pod stupnicí/Stupeň 0, neboť neexistují žádné náznaky (indikace) problémů v kultuře bezpečnosti.
Celková :	Pod stupnicí/Stupeň 0

**Příklad 15. Vykolejení vlaku s vyhořelým palivem - Pod Stupnicí/Stupeň 0***Popis události*

Vlak se třemi vozy, z nichž každý obsahoval radioaktivní zásilku s vyhořelým palivem, vykolejil při rychlosti 28 km/hod. Železniční kolej se zlomila, poté co jí vlak přešel. Dva z železničních vagonů byly vykolejeny, ale zůstaly ve svislé poloze, druhý byl nakloněn a musel být stabilizován. Po třiceti šesti hodinách byly vozy znovu na cestě. Nebyly zjištěny žádné radiační důsledky.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Nebyly hlášeny žádné dávky.
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Radioaktivní zásilka s vyhořelým palivem by měla být klasifikována podle návodu pro zářič kategorie 1.
4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:	Na základě páté odrážky Oddílu A v tabulce č.7: "žádné poškození nebo menší poškození obalového souboru, bez zvýšení dávkového příkonu", může být klasifikováno buď Pod Stupnicí/Stupeň 0 nebo Stupeň 1. Zvolena byla Pod Stupnicí/Stupeň 0, neboť neexistují žádné náznaky (indikace) problémů v kultuře bezpečnosti
Celková klasifikace :	Pod stupnicí/Stupeň 0

**Příklad 16. Radioaktivní zásilka poškozená vysokozdvihným vozíkem - Pod Stupnicí/Stupeň 0***Popis události*

Bylo hlášeno poškození radioaktivní zásilky typu A na letišti. První zprávy naznačovaly, že radioaktivní zásilka byla jen odřená od kol vysokozdvihného vozíku. Odesílatel byl požádán o posouzení škod na radioaktivní zásilce a zjištění, co by se s ní mělo udělat. Odesílatel byl schopen obsah přemístit do jiného vhodného obalového souboru (dva zářiče <sup>252</sup>Cf - každý 1,98 MBq) a umožnit pokračování přepravy. Byli také vybaveni k přebalení radioaktivní zásilky typu A vnějším obalem a její vrácení na místo původu. Bylo potvrzeno, že došlo jen k minimálnímu poškození původního vnějšího obalu.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Obdržené dávky byly nižší než je hodnota pro Stupeň 1.
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Hodnota D pro <sup>252</sup> Cf je 0,02 TBq, takže poměr A/D <0.01. Radioaktivní zásilka obsahovala zářiče kategorie 5.
4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:	Nedošlo k degradaci (porušení) bezpečnostních opatření. Podle úvodu k Oddílu 4.2.2 je klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0
Celková klasifikace:	Pod stupnicí/Stupeň 0

**Příklad 17. Ukradený defektoskopický záříč - Stupeň 1***Popis události*

Národnému dozornému orgánu byla nahlášena krádež defektoskopického zařízení, obsahujícího záříč o aktivitě 4 TBq  $^{192}\text{Ir}$ . Byla vydána tisková zpráva a bylo provedeno vyšetření okolních oblastí. O dvacet čtyři hodin později byl přístroj nalezen v příkopu vedle dálnice s nepoškozeným stíněním a zcela neporušen. Nelze se domnívat, že by kdokoliv byl vystaven ozáření.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Jako následek události nebyly zjištěny žádné dávky nebo uvolněná aktivita.
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Hodnota D pro $^{192}\text{Ir}$ je 0,08 TBq, takže poměr A/D byl 50 (tj. záříč kategorie 2).
4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:	Počáteční událostí je ztracený nebo odcizený záříč kategorie 2, která je podle řádku tři Tabulky 6 klasifikována na Úrovni 2. Když byl přístroj nalezen, bylo možno klasifikovat revidovat. Vzhledem k tomu, že zařízení bylo nalezeno se všemi bezpečnostními opatřeními a nebyla indikace, že by byly porušeny, je vhodná konečná klasifikace Stupeň 1 dle řádku 2 Tabulky 6.
Celková klasifikace:	Stupeň 1

**Příklad 18. Různé radionuklidové záříče nalezené v kovovém šrotu - Stupeň 1***Popis události*

Dozornému orgánu bylo oznámeno společností se železným šrotem, že došlo k radiačnímu poplachu z jejího vchodového detektoru. S použitím ručních měřících zařízení změřil dozorný orgán zvýšený dávkový příkon 30  $\mu\text{Sv/h}$  na povrchu 12 m kontejneru. Kontejner byl vyložen firmou, specializující se na vyhledávání a zajišťování radionuklidových záříčů ve šrotu. Byly nalezeny tři identické držáky záříčů z nerezové oceli, z nichž každý obsahoval záříč  $^{137}\text{Cs}$ , ale bez uzavíracího mechanismu. Dva držáky záříče měly identifikační znaky, které umožnily identifikovat záříče  $^{137}\text{Cs}$  o aktivitě 2 GBq a 8 GBq. Dávkový příkon na povrchu jednotlivých držáků byl 4,5 mSv/h, 4,2 mSv/h a 17 mSv/h a aktivita jednotlivých záříčů byla přibližně 1,85 GBq, 1,85 GBq a 7,4 GBq. Kontejner byl přepravován téměř po dobu jednoho měsíce, ale původ těchto tří záříčů nebylo možno zjistit. Záříče byly zabezpečeny a přepraveny do příslušného zařízení pro radioaktivní odpady.



*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Vzhledem k potenciálním dávkám během přepravy a manipulace s těmito zdroji se nepovažuje za věrohodné, že by mohly být získány dávky vyšší než 10 mSv, nebo že by mohlo být ozářeno deset nebo více osob, (tj. Stupeň 1).
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Dva ze zářičů byly identifikovány jako $^{137}\text{Cs}$ a třetí zářič se na základě měření dávkového příkonu a aktivity jevil stejný jako slabší ze dvou identifikovaných zářičů. Hodnota D pro $^{137}\text{Cs}$ je $1 \times 10^{-1}$ TBq a celková aktivita zářičů byla 11,1 GBq, což vede k poměru $A/D = 0,01 \leq A/D < 1$ . Proto to byl zdroj kategorie 4.
4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:	Událostí byl objev tří opuštěných zářičů. Dle druhého řádku Tabulky 6 je vhodný Stupeň 1.
Celková klasifikace:	Stupeň 1

**Příklad 19. Ztráta měřiče hustoty - Stupeň 1***Popis události*

Z nákladního auta na staveništi bylo ztraceno, s předpokladem krádeže, měřidlo vlhkosti a hustoty. Měřidlo obsahovalo zářič  $^{137}\text{Cs}$  (0,47 GBq) a radionuklidový zdroj neutronů Am-241/Be (1,6 GBq). Událost byla hlášena dozornému orgánu, byla vydána tisková zpráva a bylo provedeno vyšetření okolních oblastí. Měřidlo bylo objeveno o několik dní později bez známek poškození.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Jako následek události nebyly zjištěny žádné dávky.
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Je nutné spočítat celkové hodnoty A/D, jak je vysvětleno v dodatku III. Hodnota D pro $^{137}\text{Cs}$ je 0,1 TBq ve srovnání s aktivitou zdroje 0,47 GBq a hodnota D pro 241Am/Be je 0,06 TBq ve srovnání se zdrojovou aktivitou 1,6 GBq, takže celkový poměr A/D je $0,47/100 + 1,6/60 = 0,031$ . Tento celkový poměr A/D je mezi 0,01 a 1 a zdroj lze zařadit do kategorie 4.

4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření: Dle druhého řádku Tabulky 6 je vhodný Stupeň 1. Objevení zářičů dovoluje přehodnocení události jako „ztracený nebo odcizený radionuklidový zářič následně nalezený“ (čtvrtý řádek), což pro kategorii zdroje 4 znamená zachování Stupně 1.

Celková klasifikace: Stupeň 1

## Příklad 20. Odcizení radionuklidového zářiče během přepravy - Stupeň 1

### Popis události

Po dodání radioaktivní zásilky s uzavřeným zářičem 1,85 GBq  $^{60}\text{Co}$ , doručené přepravcem, bylo zjištěno, že obalový soubor je prázdný. Zářič byl nalezen o sedm hodin později v dodávkovém automobilu. Radioaktivní zásilka byla záměrně otevřena. 1,85 GBq z  $^{60}\text{Co}$  má dávkový příkon 0,5 mSv/hod. ve vzdálenosti 1 m.

Ukázalo se, že událost byla přímým důsledkem nedodržení předpisů pro přepravu radioaktivních látek:

- k radioaktivní zásilce nebyla připojena bezpečnostní pečeť, kterou požadují předpisy dozorného orgánu;
- přepravní prohlášení nebylo úplné; a
- obalový soubor asi nebyl opatřen bezpečnostní značkou „Radioaktivní – I“, „Radioaktivní – II“, nebo „Radioaktivní – III“ (ačkoli toto nebylo nikdy jasně prokázáno).

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Posouzení dávky bylo provedeno na základě rozhovorů s pracovníky, kteří se při události účastnili a na základě stanovení možných scénářů toho, co se mohlo stát se zářičem. Byl učiněn závěr, že ani řidič, ani dodávající personál neobdržel měřitelné dávky.
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Hodnota D pro $^{60}\text{Co}$ je 0,03 TBq, což znamená poměr A/D mezi 0,01 a 1, a tedy zářič kategorie 4.
4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:	Na základě páté odrážky Oddílu C Tabulky 7 "u obalového souboru shledáno nedostatečné nebo žádné stínění, kdy existuje významný potenciál pro ozáření", je klasifikace Stupeň 1.
Celková klasifikace:	Stupeň 1

**Příklad 21. Rozlití radioaktivní látky v oddělení nukleární medicíny - Stupeň 1***Popis události*

V nemocnici došlo ke kolizi vozíku sloužícího k převozu radionuklidů z místnosti radiofarmacie na ošetřovnu, kde se injekce aplikují. K události došlo v nemocniční chodbě, kde se vylila na podlahu jedna dóza  $^{131}\text{I}$  (4 GBq v tekuté formě). Kontaminovány (ruce, svrchní oblečení a obuv) byly dvě osoby (zdravotní sestra a pacient), každý s odhadem aktivity 10 MBq  $^{131}\text{I}$ . Byli povoláni pracovníci z oddělení nukleární medicíny a obě osoby byly dekontaminovány do hodiny po události.

Odhadované dávky pro tyto dvě osoby byly minimální (méně než 0,5 mSv úvazku efektivní dávky). Prostor rozlití byl dočasně uzavřen na dva týdny (to odpovídá dvěma poločasům rozpadu) a pak byl úspěšně dekontaminován pracovníky oddělení nukleární medicíny.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Obdržené dávky byly nižší než je hodnota pro Stupeň 1.
3.2. Radiační bariéry a opatření v zařízeních:	Neaplikovatelné, protože zařízení nemanipuluje s velkým množstvím radioaktivních látek (viz první paragraf Oddílu 3.1)
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Hodnota D pro $^{131}\text{I}$ je 0,2 TBq, takže poměr A/D je mezi 0,01 a 1, záříč je zařazen do kategorie 4
4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:	Protože se rozbil obalový soubor záříče, nezůstala žádná bezpečnostní opatření a vhodné je použít Oddíl C v Tabulce 7, který klasifikuje Stupněm 1
Celková klasifikace:	Stupeň 1

**Příklad 22. Srážka vlaku s dopravním prostředkem přepravujícím radioaktivní zásilky - Stupeň 1***Popis události*

Došlo ke srážce mezi vlakem a zavazadlovým vozíkem, který přejížděl přes železniční trať ve stanici.

Mezi zavazadly byly radioaktivní zásilky typu A. Bylo tam sedm krabic (kartonů), které obsahovaly řadu radionuklidů a dva sudy, z nichž každý obsahoval techneciový generátor (užívající molybden), s aktivitou 15 GBq (30 GBq na začátku cesty).

K vysvětlení uvedme, že krabice byly jen lehce poškozené a žádná radioaktivní látka se z nich neztratila. Na druhé straně byly oba sudy vyhozeny ze zásilky, jeden kontejner se záříčem byl rozbit a došlo ke kontaminaci kabiny lokomotivy a šterku pod vozíkem. 291 osoba byla kontrolována na kontaminaci a 19 z nich mělo pozitivní výsledky, které však nebyly shledány jako významné. Všechny obdržené dávky byly menší než 0,1

mSv. Výsledná kontaminace nebyla žádným důvodem k obavám, vzhledem na malé množství a krátké poločasy rozpadu přítomných radioizotopů.

Bylo nasazeno značné množství dekontaminačních zařízení. Dvě trati byly uzavřeny na jeden den a lokomotiva byla dekontaminována.

#### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Obdržené dávky byly nižší než je hodnota pro Stupeň 1.
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Hodnota D pro $^{99}\text{Mo}$ je 300 GBq (a to včetně dceřinného produktu Tc), což vede k poměru A/D mezi 0,01 a 1 a zařazení záříče do kategorie 4
4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:	Protože byl kontejner zdroje rozbit, nezůstala žádná bezpečnostní opatření a vhodná je část C Tabulky 7, která udává klasifikaci Stupeň 1
Celková klasifikace:	Stupeň 1

#### **Příklad 23. V přepravních kontejnerech pokládaných za prázdné bylo zjištěno, že obsahují jaderný materiál - Stupeň 1**

##### Popis události

Závod na výrobu paliva dostává pravidelně oxid uranu mírně obohacený  $^{235}\text{U}$  ze zámoří. Materiál cestuje ve speciálních uzavřených plechových nádobách mechanicky utěsněných v kontejneru pro námořní dopravu. Po vyndání materiálu poslal výrobce paliva prázdné nádoby zpět jejich dodavateli.

Po obdržení kontejneru se 150 nádobami, které měly být prázdné, dodavatel oxidu uranu zjistil, že dvě plechové nádoby byly ve skutečnosti plné, a obsahovaly celkem 100 kg oxidu uranu. Odhadovaná aktivita tohoto materiálu byla 8 GBq. Bylo zjištěno, že vnější povrch nádob a námořního kontejneru byly čisté. Žádný pracovník ani nikdo z obyvatel neobdržel při této události nepředvídanou dávku.

##### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Při této události nebyly hlášeny žádné dávky
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Nebyl zde problém kritičnosti z důvodu nízkého obohacení, a proto by kategorizace události měla být založena na A/D. (viz závěrečnou odrážku Oddílu 4.2.1). Hodnota D není v Dodatku III uvedena, ale je uvedena v [5]. Pro obohacení menší než 10%, což je i tento případ, je hodnota D tak vysoká, jako by byla neomezená. Proto je hodnota A/D <0,01, což znamená, že materiál může být považován za zdroj

kategorie 5.

#### 4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:

Přestože balení prázdných plechových nádob bylo stejné, jako kdyby byly plné (mechanické těsnění a stejně tak stav kontejneru), označení pro přepravu bylo na nižší úrovni, než bylo požadováno a bezpečnostní opatření pro manipulaci byla též na nižší úrovni. Klíčovým bodem je, že byly porušeny povolené limity. V souvislosti s událostí se objevily zásadní otázky kultury bezpečnosti, a selhání některých z připravených bezpečnostních opatření. Proto na základě třetího odstavce Oddílu 4.2.2. je událost klasifikována Stupněm 1.

Celková klasifikace:

Stupeň 1

### Příklad 24. Podezřelá dávka na filmovém dozimetru - Stupeň 1

#### *Popis události*

Podle záznamu filmové dozimetrie byla zjištěna roční kumulativní dávka radiační pracovníce 95 mSv. Toto bylo zjištěno v průběhu kontroly v nemocnici, kde pracovala. Dozorný orgán provedl důkladnou inspekci nemocnice a našel jednotlivý měsíční záznam 54 mSv. Nicméně, nemocnice neprovedla, ani nepřijala až do inspekce žádné speciální akce. Nemocnice neměla žádný generátor záření, jako je lineární urychlovač (LINAC), a žádný zřejmý důvod pro takovéto jednorázové přezáření. Existovala jen nějaká možnost „zlomyslnosti“ od kolegy, ale žádný přímý důkaz nebyl nalezen. Podle lékařského vyšetření, ke kterému patřily krevní testy, nebyly zjištěny žádné abnormality. Osoba rovněž neměla příznaky naznačující deterministický efekt. Osoba byla převedena do jiného oddělení (jiné sekce) a prošla dalším výcvikem. Pro každý případ, tj. za předpokladu, že dávka byla skutečná, byl této pracovníci zablokován vstup do kontrolovaného pásma.

#### *Vysvětlení klasifikace*

#### Kritéria

#### Vysvětlení

#### 2.3. Dávky pro jednotlivce:

U pracovníce nebyly zjištěny žádné deterministické účinky. Protože krevní testy ukázaly, že nebyly obdrženy žádné vážné dávky, nemohlo být prokázáno, že k ozáření došlo. Bylo provedeno podrobné šetření, zda k ozáření došlo nebo ne.

Vyšetřování vzalo v úvahu:

- (1) nepřítomnost zdrojů s velkým zářením v místě, kde normálně pracovala a v místech kam šla v období od vydání dozimetru;
- (2) dozimetry kolegů, kteří byli v období jejího možného ozáření vždy v její blízkosti, ukazovaly normální hodnoty;
- (3) další dozimetry nošené krátkodobě během

sledovaného období	
	Nakonec se došlo k závěru, že pracovnice nebyla ozářena, a že dávka by měla být z jejího záznamu odstraněna.
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Neaplikovatelné
4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:	Přestože událost nezahrnuje žádnou skutečnou dávku, existují i další faktory podílející se na události, jako je neschopnost monitorovat personální evidenci ozáření a sledovat neobvyklé hodnoty. Na základě řádku 3 Tabulky 8 je událost klasifikována Stupněm 1
Celkové klasifikace :	Stupeň 1

## Příklad 25. Roztavení opuštěného zářiče - Level 2

### Popis události

Opuštěný zářič  $^{137}\text{Cs}$  o aktivitě 1 TBq byl neúmyslně zahrnut do šrotu a roztaven v ocelárně. Každý z padesáti zaměstnanců továrny obdržel odhadem dávku 0,3 mSv .

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2.2. Uvolněná aktivita	Odhaduje se, že v důsledku roztavení bylo uvolněno 10% aktivity, což vedlo k úniku aktivity 0,1 TBq $^{137}\text{Cs}$ do ovzduší. Hodnota $D_2$ pro $^{137}\text{Cs}$ je 0,1 TBq, takže únik je mnohem menší než kritérium pro Úroveň 5: 2500násobek hodnoty $D_2$ (Oddíl 2.2.2).
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Obdržené dávky byly nižší než je hodnota pro Stupeň 1.
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Hodnota $D$ pro $^{137}\text{Cs}$ je $1 \times 10^{-1}$ TBq a aktivita zdroje (A) je 1 TBq, což vede k poměru $A/D > 1000$ $A/D \geq 10$ . Proto je klasifikováno jako zdroj kategorie 2.
4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:	Klasifikace by měla být, dle druhého řádku Tabulky 6, Stupeň 1 nebo 2. Vzhledem k tomu, že se zdroj tavil, konečná klasifikace by měla být Stupeň 2 dle poznámky pod čarou v Tabulce č. 6.
Celková klasifikace:	Stupeň 2



**Příklad 26. Ztráta vysokoaktivního radioterapeutického zářiče - Stupeň 3***Popis události*

Při kontrole inventáře zářičů v nemocnici, která byla po nějakou dobu uzavřena, bylo zjištěno, že se ztratila teleterapeutická hlava obsahující 100 TBq  $^{60}\text{Co}$  zářič. Jednotka byla skladována v určeném zařízení, ale kontrola inventáře nebyla provedena již několik týdnů. Bylo podezření, že jednotka byla odnesena z nemocnice neoprávněnými osobami. Začalo se hledat, a o den později byl zdroj lokalizován na otevřeném pozemku dva kilometry daleko.

Jednotka byla demontována, zářič byl nestíněný, ale neporušený. Zářič byl zajištěn dozornými orgány.

Následné šetření ukázalo, že v důsledku této události bylo několik osob ozářeno, a to takto:

- jedna osoba: 20 Gy na ruce, efektivní dávka 500 mSv. Na jedné ruce bylo pozorováno radiační zranění, které vyžadovalo kožní štěpy a amputaci jednoho prstu;
- dvě osoby: 2 Gy na ruce, efektivní dávka 400 mSv;
- dvanáct osob: 100 mSv efektivní dávky (stanovený roční limit celotělové dávky pro pracovníky byl 20 mSv).

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2.3. Dávky pro jednotlivce:	Tři osoby obdržely dávky vyšší než je desetinásobek stanoveného ročního limitu celotělové dávky pro pracovníky. Jedna z nich byla postižena zdravotním účinkem. Oba tyto aspekty dávají klasifikaci Stupeň 3.  Dvanáct osob dostalo vyšší dávky než 10 mSv. Podle obdržené dávky je klasifikace na Úrovni 2, a měla by být překlasifikována na Stupeň 3 vzhledem k počtu postižených osob.
4.2.1. Maximální možné důsledky:	Hodnota D pro $^{60}\text{Co}$ je 0,03 TBq a poměr A/D je větší než 1000 (tj. byl to zářič/zařízení kategorie 1).
4.2.2. Účinnost bezpečnostních opatření:	Počáteční klasifikace byla provedena před nalezením zdroje. Takto se jedná o událost ztracený nebo odcizený zdroj/zařízení. Pomocí Tabulky 6 by událost měla být klasifikována na Úrovni 3.
Celková klasifikace:	Stupeň 3

## 5. POSOUZENÍ DOPADU NA OCHRANU DO HLOUBKY PRO UDÁLOSTI NA ENERGETICKÝCH REAKTORECH NA VÝKONU

Tento Oddíl se zabývá takovými událostmi, kde neexistují žádné "skutečné důsledky," ale některé z bezpečnostních opatření selhaly. Záměrné zařazení vícenásobných opatření nebo bariér (překážek), se nazývá "ochrana do hloubky".

Koncepce ochrany do hloubky zde není vysvětlena podrobně, protože je většině těch, kteří použijí tento manuál na události na jaderných reaktorech, blízká. Nicméně, v Příloze I lze nalézt některé další podkladové materiály.

Tento Oddíl se vztahuje zejména na klasifikaci událostí v jaderných reaktorech na výkonu, ale měl by být také použit ke klasifikaci událostí při horkém odstavení, či v podmínkách spouštění, protože tento bezpečnostní případ je velmi podobný případům při provozu na výkonu. Nicméně, jakmile je reaktor v chladné odstávce, přičemž některé z bezpečnostních systémů jsou stále ještě potřebné k zajištění bezpečnostních funkcí, je k dispozici obvykle více času. V podmínkách odstavení jsou také někdy značně odlišné konfigurace bariér (například otevřený primární chladicí systém, otevřený kontejnment). Z těchto důvodů je ke klasifikaci událostí navržen odlišný přístup, a události při odstavení reaktoru by měly být obecně klasifikovány podle návodu v Oddíle 6. Pokud má zařízení schválený bezpečnostní případ založený na iniciátoru a přístupu bezpečnostních systémů, je možné využít pro klasifikaci událostí „iniciátorový přístup“ popsany v tomto Oddíle.

Události na reaktorech, které jsou vyřazeny z provozu a kde palivo bylo odstraněno z reaktoru, by měly být rovněž klasifikovány s použitím Oddílu 6, stejně i události na výzkumných reaktorech, aby byl správně uvažován rozsah maximálně možných následků a filosofie projektu.

Jedno zařízení může samozřejmě pokrýt řadu činností, a v této souvislosti je třeba každou činnost posuzovat odděleně. Například reaktorové operace při práci s horkými komorami a skladováním odpadu by měly být uvažovány jako samostatné činnosti, i když mohou nastat na jednom zařízení. Klasifikace událostí spojených s horkými komorami nebo skladováním odpadů by měla být vyhodnocena podle návodu v Oddíle 6. Tento Oddíl manuálu je specifický pro události spojené s provozem energetických reaktorů.

Přístup ke klasifikaci je založen na posouzení pravděpodobnosti, že by událost mohla vést k havárii, nikoli však přímo pomocí pravděpodobnostního postupu, ale uvážením toho, zda bezpečnostní opatření byla vyvolána a jaká další selhání bezpečnostních opatření by byla třeba, aby událost vedla k havárii. „Základní klasifikace“ je tak dána tím, že bereme v úvahu počet a účinnost bezpečnostních opatření, která jsou k dispozici (hardwarová i administrativní) pro prevenci, řízení a zmírňování, včetně pasivních a aktivních bariér.

Aby bylo možno respektovat všechny další skutečnosti (přídavné faktory), je věnovaná pozornost i zvyšování "základní klasifikace". Toto zvýšení umožňuje respektovat takové aspekty události, které mohou naznačovat hlubší nedostatek (degradaci) elektrárny nebo organizačního uspořádání tohoto zařízení. Uvažovány jsou poruchy se společnou příčinou, nedostatečné postupy (procesní nedostatky) a problémy kultury bezpečnosti. Takovéto faktory nemohou být zahrnuty v základní klasifikaci a mohou znamenat, že význam události, s ohledem na ochranu do hloubky, je vyšší, než je uvažováno v základním procesu klasifikace. Proto, aby byl respektován skutečný význam události, se uvažuje se zvýšením klasifikace o jeden stupeň.

Další dva Oddíly věnované ochraně do hloubky obsahují návod, týkající se "maximálních možných následků" událostí. Nicméně, tento aspekt zde není nutno

uvažovat, neboť inventář energetických reaktorů je takový, že by musela selhat všechna bezpečnostní opatření, aby byla možná klasifikace na INES 5 nebo vyšší. Maximální limit podle ochrany do hloubky je proto na hodnocení INES 3.

Tento Oddíl příručky je rozdělen do tří hlavních částí. První část – Oddíl 5.1 dává návod pro vyhodnocení základní klasifikace událostí, které nastaly při provozu reaktorů na výkonu (známý jako "iniciátorový přístup"). Druhá část – Oddíl 5.2 dává návod související se zvyšováním klasifikace událostí. Třetí – Oddíl 5.3 poskytuje řadu pracovních příkladů.

## 5.1. ZJIŠTĚNÍ ZÁKLADNÍ KLASIFIKACE SE ZOHLEDNĚNÍM ÚČINNOSTI BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ

Protože bezpečnostní analýzy reaktorových zařízení během provozu na výkonu sledují společnou mezinárodní praxi, je možné poskytnout poměrně konkrétní návod, jak vyhodnotit bezpečnostní opatření pro události, týkající se reaktorů provozovaných na výkonu. Přístup je založen na uvážení iniciátorů, bezpečnostních funkcí a bezpečnostních systémů. Tyto termíny budou známy těm, kteří jsou zapojeni do bezpečnostních analýz, ale níže je uvedeno další vysvětlení pojmů.

Jako iniciátor nebo iniciační událost je označena taková událost, která vede k odchylce od normálního provozního stavu a vyvolá jednu nebo více bezpečnostních funkcí. Iniciátory se používají při bezpečnostních analýzách k ocenění přiměřenosti instalovaných bezpečnostních systémů; iniciátor je událost, která „napadá“ bezpečnostní systémy a vyžaduje jejich funkci.

Události znamenající dopad na ochranu do hloubky budou mít obecně dvě podoby:

- (1) buď zahrnují iniciátor (iniciační událost), která vyžaduje provoz některých konkrétních bezpečnostních systémů, jejichž účelem je vypořádat se s důsledky tohoto iniciátoru, nebo
- (2) zahrnují nedostatečnou (degradovanou) provozuschopnost jednoho nebo více bezpečnostních systémů, aniž by se uskutečnil iniciátor, pro který byly tyto bezpečnostní systémy zavedeny.

V obou případech vede úroveň provozuschopnosti bezpečnostních systémů k úrovni provozuschopnosti celkové bezpečnostní funkce, a upozorňuje, že několik bezpečnostních systémů může přispět k jedné bezpečnostní funkci. Je to právě tato úroveň provozuschopnosti bezpečnostní funkce, která je důležitá při stanovení klasifikace.

V prvním případě závisí klasifikace především na rozsahu, v jakém je provozuschopnost bezpečnostní funkce narušena. Nicméně, klasifikace závisí také na předpokládané frekvenci jednotlivého iniciátoru, který nastal.

V druhém případě ve skutečnosti k žádné odchylce od normálního provozu zařízení nedošlo, ale byla pozorována nedostatečná provozuschopnost bezpečnostní funkce, která by mohla vést k závažným následkům, pokud by jeden z iniciátorů, pro který jsou nedostatečně funkční bezpečnostní systémy určeny, skutečně nastal. V takovém případě závisí klasifikace události na:

- očekávané četnosti možného iniciátoru;
- provozuschopnosti příslušné bezpečnostní funkce zajištěné provozuschopností jednotlivých bezpečnostních systémů.

Je třeba poznamenat, že jedna konkrétní událost by mohla být kategorizována podle obou případů (viz Oddíly 5.1.3 a 5.1.4, stejně jako příklad 35).

Pro ilustraci výše uvedených zásad uvažujme reaktor, kde je ochrana proti ztrátě vnějšího napájení zajištěna čtyřmi dieselgenerátory. K tomu, aby došlo k havárii, musí událost působit na bezpečnost reaktoru (v tomto případě ztrátu vnějšího napájení (loss-of off-site power – LOOP)) a musí selhat ochrana (v tomto případě selhat start všech 4 dieselgenerátorů). Počáteční působení na bezpečnost (v tomto případě LOOP) se nazývá 'iniciátorem' a odezva dieselů je definována jako 'provozoschopnost bezpečnostní funkce' (v tomto případě dochlazování po odstavení). Takto je pro vznik havárie třeba iniciátor a nedostatečná provozuschopnost bezpečnostní funkce.

Klasifikace podle ochrany do hloubky hodnotí, jak blízko jsme k výskytu nehody (tj. zda došlo ke vzniku iniciátoru, s jakou pravděpodobností a jaká byla provozuschopnost bezpečnostních funkcí). V předchozím příkladu, kde došlo ke ztrátě vnějšího napájení, ale všechny diesely nastartovaly podle plánu, byla nehoda nepravděpodobná (jako událost bude klasifikována Pod stupnicí/Stupeň 0). Podobně, i kdyby jeden diesel selhal v testu, ale ostatní byly k dispozici, a bylo k dispozici vnější napájení, byla by nehoda nepravděpodobná (opět by taková událost byla klasifikována Pod stupnicí/Stupeň 0).

Pokud by však při provozu na výkonu bylo zjištěno, že všechny diesely nebyly k dispozici po dobu jednoho měsíce, pak i když vnější napájení bylo k dispozici a diesely nebyly pro provoz vyžadovány, nehoda by byla poměrně dost pravděpodobná, protože i možnost ztráty vnějšího napájení byla poměrně vysoká (taková událost by pravděpodobně byla hodnocena na Úrovni 3, za předpokladu, že neexistovala žádná jiná bezpečnostní opatření).

Klasifikační postup proto uvažuje, zda je vyžadována činnost bezpečnostních funkcí (tj. vyskytl se iniciátor), jaká se předpokládá pravděpodobnost iniciátoru a jaká byla provozuschopnost příslušných bezpečnostních funkcí.

Základní přístup ke klasifikaci událostí je zjištění frekvence příslušné iniciátorům a provozuschopnost dotčených bezpečnostních funkcí. Ke zjištění příslušné základní klasifikace se pak používají dvě tabulky (viz Oddíly 5.1.3 a 5.1.4). Podrobný návod k jednotlivým aspektům klasifikace je uveden níže.

### 5.1.1. Zjištění frekvence iniciátoru

Byly definovány čtyři různé kategorie četnosti:

#### (1) Očekávaná

Ta zahrnuje očekávané iniciátory, které se vyskytnou jednou nebo vícekrát během provozní životnosti elektrárny (tzn. >  $10^{-2}$  ročně).

#### (2) Možná

Jedná se iniciátory, které nejsou očekávány, ale očekávaná frekvence (f) v průběhu životnosti elektrárny je vyšší než cca 1% (tj.  $10^{-4} < f < 10^{-2}$  ročně).

#### (3) Nepravděpodobná

Tyto iniciátory jsou uvažovány v projektu zařízení, ale jsou méně pravděpodobné, než výše uvedené ( $\leq 10^{-4}$  ročně).

#### (4) Nadprojektová

Tyto iniciátory mají velmi nízkou frekvenci, která obvykle není zahrnuta v konvenčních analýzách bezpečnosti elektrárny. Pokud jsou zavedeny systémy

ochrany proti těmto iniciátorům, nemusí nutně obsahovat stejnou úroveň redundance (zálohování) a rozmanitosti (diverzity – rozličnosti) jako opatření proti základním projektovým iniciátorům.

Každý reaktor má svůj vlastní seznam a klasifikaci iniciátorů jako součást jeho bezpečnostních analýz, a ty by měly být použity při klasifikaci událostí. Typickými příklady základních projektových iniciátorů, které byly použity v minulosti pro různé reaktory, jsou uvedeny v Příloze II, kde jsou rozříděny dle předchozích kategorií četnosti. Tyto mohou poskytnout vodítka při uplatňování klasifikačního procesu, ale důležité je, pokud je to možné, užívat iniciátory a frekvence specifické pro elektrárnu, kde k události došlo.

Malé poruchy zařízení jsou opravené řídicími (na rozdíl od bezpečnostních) systémy, které v iniciátorech nejsou zahrnuty. Nicméně, pokud se řídicím systémům nepodaří stabilizovat reaktor, může toto nakonec vést k iniciátoru. Z těchto důvodů mohou být iniciátory odlišné od případu, který spustí tuto událost (viz příklad 36), na druhé straně může být často řada různých sekvencí událostí seskupena pod jedním iniciátorem.

Pro mnoho událostí, bude nutné uvážit více než jeden iniciátor, z nichž každý povede ke klasifikaci. Klasifikací události bude nejvyšší klasifikace, spojená s každým iniciátorem. Příkladem může být exkurze výkonu v reaktoru, která může být iniciátorem vyvolávajícím ochrannou funkci. Úspěšné fungování ochranného systému by pak vedlo k odstavení reaktoru. Odstavení reaktoru by pak bylo nutné uvážit jako iniciátor vyvolávající funkci chlazení paliva.

### 5.1.2. Bezpečnostní funkce provozuschopnosti

Tři základní bezpečnostní funkce pro provoz reaktorů jsou:

- (1) řízení reaktivity;
- (2) chlazení paliva; a
- (3) zadržení radioaktivních látek.

Tyto funkce jsou zabezpečovány pasivními systémy (např. fyzickými bariérami) a aktivními systémy (například systémem ochrany reaktoru). K zajištění konkrétní bezpečnostní funkce může přispívat několik bezpečnostních systémů, přičemž funkce může být ještě plněna i pokud jeden systém, nebude k dispozici (nebude provozuschopný). Po výskytu iniciátoru mohou také přispět k naplnění konkrétní bezpečnostní funkce i systémy, které nepatří do kategorie bezpečnostních systémů (viz vysvětlivky pod definicí Dostatečná (C)).

Stejně tak budou vyžadovány pro zajištění bezpečnostní funkce podpůrné (support) systémy, jako jsou dodávky elektrické energie, chlazení a regulace (instrumentace – „instrument supplies“). Při klasifikaci událostí je důležité posoudit provozuschopnost bezpečnostní funkce, nikoliv provozuschopnost jednotlivých systémů. Systém nebo jeho součást (komponenta) je považována za provozovatelnou, jestliže je schopna vykonávat svou požadovanou funkci požadovaným způsobem.

Provozní limity a podmínky (LaP – OL & C) elektrárny upravují fungování každého bezpečnostního systému. Ve většině zemí jsou zahrnuty do Technických specifikací (podmínek; „Technical Specifications“) elektrárny.

Provozní schopnost bezpečnostní funkce pro konkrétní iniciátor se může pohybovat od stavu, v němž všechny složky (komponenty) bezpečnostních systémů určených ke splnění této funkce jsou plně funkční, do stavu, kdy je provozuschopnost pro dosažení



bezpečnostní funkce nedostatečná. Jako rámec pro klasifikace událostí jsou uvažovány čtyři kategorie provozuschopnosti.

#### A. Úplná

Tato kategorie znamená, že všechny projektem zahrnuté bezpečnostní systémy a komponenty, které se „vyrovnají“ s konkrétním iniciátorem, zejména s cílem omezit jeho důsledky, jsou plně funkční (např. dostupnost redundance/diverzity (zálohovanosti/rozličnosti)).

#### B. Minimum požadované provozními limity a podmínkami

Tato kategorie znamená, že funkčnost všech bezpečnostních systémů požadovaná pro zajištění bezpečnostní funkce splňuje minimální úroveň, při které je možné pokračovat v provozu na výkonu (případně po určitou dobu) tak, jak je uvedeno v Provozních limitech a podmínkách.

Tato úroveň provozuschopnosti většinou (obecně) odpovídá minimální funkčnosti různých bezpečnostních systémů, se kterými může být dosaženo bezpečnostní funkce pro všechny iniciátory, které jsou brány v úvahu v projektu elektrárny. Pro určité iniciátory mohou však ještě existovat redundance a diverzita.

#### C. Dostatečná (Přiměřená)

Tato kategorie znamená funkčnost alespoň jednoho z bezpečnostních systémů, požadovaných pro splnění bezpečnostní funkce, která je dostatečná ke splnění této bezpečnostní funkce vyvolané uvažovaným iniciátorem.

V některých případech mohou být kategorie B a C stejné (tj. funkčnost je nedostatečná, ačkoliv všechny bezpečnostní systémy splňují požadavky LaP). V ostatních případech bude úroveň provozuschopnosti, nižší než požadují LaP, odpovídat Kategorii C. Příkladem by byl stav, kdy jsou Provozními limity a podmínkami (LaP) vyžadovány jako provozuschopné dva diverzní (různé) bezpečnostní systémy, ale pouze jeden je provozuschopný. Dalším příkladem je stav, kdy všechny bezpečnostní systémy, navržené pro zajištění bezpečnostní funkce, jsou nefunkční po tak krátkou dobu, že bezpečnostní funkce může být zajištěna i nadále, i když bezpečnostní systémy nespĺnily požadavky LaP (příkladem může být bezpečnostní funkce 'chlazení paliva', která může být zajištěna i když došlo na elektrárně na krátkou dobu k totálnímu výpadku elektrické energie (blackout)). Při určování účinnosti těchto opatření je důležité vzít v úvahu dobu, která je k dispozici, a čas potřebný k zjištění a provedení vhodných nápravných opatření.

Je také možné, že bezpečnostní funkce může být *odpovídající* v důsledku provozuschopnosti systémů, nezařazených mezi bezpečnostní systémy (viz příklad 40). Takovéto systémy se mohou brát v úvahu, pokud bylo prokázáno (nebo je známo), že by měly být provozuschopné během události. Je však třeba při zahrnutí takovýchto systémů vzít v úvahu, že jejichž funkčnost není obecně (zpravidla) kontrolována a testována stejným způsobem, jako tomu je pro bezpečnostní systémy.

#### D. Nedostatečná

Tato kategorie znamená funkčnost bezpečnostních systémů takovou, že žádný z nich není schopen zajistit bezpečnostní funkci vyvolanou uvažovaným iniciátorem.



Je třeba poznamenat, že ačkoliv kategorie provozuschopnosti C a D představují řadu stavů elektrárny, kategorie A a B představují specifické provozuschopnosti. Proto může být skutečná provozuschopnost mezi definovanými provozuschopnostmi kategorie A a B (tj. provozuschopnost může být nižší, než *plná*, ale větší než *minimální, povolená pro zachování provozu na výkonu*). Toto je uvažováno v Oddíle 5.1.3.

### 5.1.3. Vyhodnocení základní klasifikace pro události se skutečným iniciátorem

Pro získání základní klasifikace nejprve rozhodneme, zda existuje skutečné napadení bezpečnostních systémů (skutečný iniciátor). Pokud ano, pak je vhodný tento Oddíl, pokud ne, je vhodný Oddíl 5.1.4. Ke zvážení události mohou být nezbytné oba Oddíly, pokud vznikne iniciátor a zjistí se snížená provozuschopnost v systému, nenapadeném skutečným iniciátorem (např. je-li reaktor odstaven bez ztráty vnějšího napájení a vyjde najevo snížená provozuschopnost dieselu).

Pro události, zahrnující potenciální poruchy, které by mohly vést k nějakému iniciátoru (např. zjištění konstrukčních vad nebo malých úniků, ukončených zásahem obsluhy), se používá podobný postup, ale je také třeba vzít v úvahu pravděpodobnost výskytu potenciálního iniciátoru. Toto je vysvětleno v Oddíle 5.1.5.

#### 5.1.3.1. Základy klasifikace

Klasifikace vhodné pro události s reálným iniciátorem jsou uvedeny v Tabulce 9. Dále jsou uvedeny základy pro hodnoty uvedené v této tabulce.

Je jasné, že pokud je bezpečnostní funkce *nedostatečná* a dojde k nehodě, bude třeba klasifikovat na základě jejích skutečných následků. Taková klasifikace by mohla překročit Stupeň 3. Nicméně, pokud jde o ochranu do hloubky, nejvyšší klasifikaci představuje Stupeň 3. To je vyjádřeno označením 3 + v Tabulce 9.

Je-li bezpečnostní funkce jen *odpovídající* pak je opět vhodný Stupeň 3, neboť další porucha by vedla k havárii. V jiných případech však, i když je provozuschopnost nižší než je požadovaná LaP, může být kategorie podstatně větší, než jen *odpovídající*, zejména pokud jde o *očekávané* iniciátory, protože požadavky LaP často obsahují ještě značné redundance a diverzitu. Proto je v Tabulce 9 Stupeň 2 nebo 3 uveden pro *očekávané* iniciátory a *odpovídající* bezpečnostní funkci, v závislosti na volbě, do jaké míry je provozuschopnost větší než jen *odpovídající*. Pro nepravděpodobné iniciátory a provozuschopnost vyžadovanou LaP je pravděpodobné, že bude právě jen *odpovídající*, a proto obecně, pro *odpovídající* provozuschopnost by byl vhodný Stupeň 3. Mohou však existovat zvláštní iniciátory, pro které existuje redundance, a proto je v Tabulce 9 Stupeň 2 nebo 3 pro všechny frekvence iniciátoru.

Dojde-li k *plné* provozuschopnosti bezpečnostní funkce a dojde ke vzniku očekávaného iniciátoru, měla by být klasifikace zřejmě Pod stupnicí/Stupeň 0, jak je uvedeno v Tabulce 9. Výskyt *možného nebo nepravděpodobného iniciátoru* však, i když může být značná redundance v bezpečnostních systémech, představuje selhání jedné z důležitých částí ochrany do hloubky, jmenovitě prevence iniciátorů. Z tohoto důvodu Tabulka 9 pro případné iniciátory udává Stupeň 1 a pro iniciátory nepravděpodobné Stupeň 2.

Je-li provozuschopnost bezpečnostních funkcí na úrovni *minimálně požadovaná LaP*, pak v některých případech, jak již bylo uvedeno, nebude pro možné, zejména pro *nepravděpodobné* iniciátory, žádná další redundance. Proto je vhodná klasifikace Stupeň 2 nebo Stupeň 3, v závislosti na zbývajících redundancích. Pro *očekávané* iniciátory,

kde bude ještě další redundance, se proto navrhuje nižší klasifikace. Tabulka č. 9 udává Stupeň 1 nebo Stupeň 2 tam, kde by opět zvolená hodnota měla záviset na dodatečné redundanci v rámci bezpečnostní funkce. Tam, kde je pohotovost bezpečnostní funkce větší než minimálně požadovaná LaP, ale menší, než je *úplná*, může být pro *očekávané iniciátory* uvažována dostupná redundance (zálohovanost) a diverzita (rozličnost). V takových případech by byla vhodnější klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0.

TABULKA 9. UDÁLOSTI SE SKUTEČNÝM (REÁLNÝM) INICIÁTOREM

Provozní schopnost bezpečnostní funkce	Frekvence iniciátoru		
	(1) Očekávaná	(2) Možná	(3) Nepravdě podobná
A Úplná	0	1	2
B Minimum požadované provozními limity a podmínkami	1 nebo 2	2 nebo 3	2 nebo 3
C Dostatečná	2 nebo 3	2 nebo 3	2 nebo 3
D Nedostatečná	3 +	3 +	3 +

#### 5.1.3.2. Postup klasifikace

Události by měly být na základě předchozího Oddílu klasifikovány následujícím postupem:

- (1) Identifikujte iniciátor, který nastal.
- (2) Určete frekvenci kategorie přidělené iniciátoru. Při rozhodování o vhodné kategorii je podstatná frekvence, která se předpokládá v bezpečnostním případě pro elektrárnu jako relevantní (zdůvodnění bezpečnosti elektrárny a provozu, který pokrývá).
- (3) Určete kategorii provozuschopnosti bezpečnostních funkcí vyvolaných iniciátorem.
  - (a) Je důležité, aby byly uvažovány pouze ty bezpečnostní funkce, které jsou vyvolány iniciátorem. Pokud je zjištěna degradace jiných bezpečnostních systémů, je třeba ji posoudit pomocí Oddílu o *událostech bez skutečného iniciátoru* v Oddíle 5.1.4, s použitím iniciátoru, který by vyvolal tento bezpečnostní systém.
  - (b) Při rozhodování, zda je provozuschopnost v rámci LaP, musí být použity požadavky provozuschopnosti před vznikem události, ne ty, které se používají v průběhu události.
  - (c) Je-li provozuschopnost v rámci LaP, ale také právě *odpovídající*, měla by být používána kategorie provozuschopnost C, protože neexistuje žádná dodatečná redundance (viz předchozí odstavce tohoto Oddílu).
- (4) Klasifikace události by se pak měla určit z Tabulky 9. Tam, kde je uveden výběr klasifikace, by měl být výběr založen na míře redundance a diverzity pro uvažovaný iniciátor.

- (a) Je-li provozuschopnost bezpečnostní funkce právě dostatečná (tj. každá další porucha by vedla k nehodě), je vhodné klasifikovat na Stupeň 3.
- (b) V okénku B1 Tabulky 9 by byla vhodná nižší hodnota v případě, kdy je stále ještě k dispozici uvažovatelná redundance a/nebo diverzita.
- (c) V některých projektech reaktorů je pro *očekávané* iniciátory k dispozici velké množství redundance/diverzity. Je-li provozuschopnost bezpečnostní funkce podstatně větší než *minimální požadovaná LaP*, ale o něco menší než *úplná*, je vhodnější klasifikovat Pod stupnicí/Stupeň 0.

*Nadprojektové iniciátory* nejsou v Tabulce 9 výslovně zahrnuty. Pokud k takovému iniciátoru dojde, pak může dojít k nehodě, která vyžaduje klasifikaci na základě skutečných důsledků. Jestliže k němu nedojde, pak je podle ochrany do hloubky vhodná klasifikace Stupeň 2 nebo 3, v závislosti na redundanci systémů poskytujících ochranu.

Výskyt vnitřního a vnějšího nebezpečí, jako jsou požáry, povodně, tsunami, výbuchy (exploze), hurikány, tornáda nebo zemětřesení, může být klasifikováno pomocí Tabulky 9. Nebezpečí samo o sobě by za iniciátor být považováno nemělo (nebezpečí – riziko mohou způsobit buď iniciátory, nebo nedostatečnost (degradace) bezpečnostních systémů, nebo obojí), ale bezpečnostní systémy, které zůstávají funkční, je třeba posuzovat vzhledem k iniciátoru, který se vyskytl a/nebo vzhledem k potenciálním iniciátorům.

#### 5.1.4. Vyhodnocení základní klasifikace pro události bez skutečného iniciátoru

Jak je zmíněno v předchozím Oddílu, pro získání základní klasifikace je třeba nejprve rozhodnout, zda existuje skutečné vyvolání bezpečnostních systémů (reálný iniciátor). Pokud ano, pak je vhodné použít Oddíl 5.1.3, jinak je vhodný tento Oddíl. Může být nezbytné i uvážení události s použitím obou Oddílů, pokud vznikne iniciátor a je zjištěna snížená provozuschopnost systému, která nebyla vyvolána skutečným iniciátorem (např. jestliže se při vypnutí reaktoru bez ztráty vnějšího napájení zjistí snížená provozuschopnost dieselgenerátorů).

Pro události, týkající se potenciálních poruch, které by mohly vést k neprovozuschopnosti bezpečnostních systémů (např. zjištění konstrukčních vad), se používá podobný postup, ale je třeba vzít v úvahu pravděpodobnost neprovozuschopnosti bezpečnostního systému. Toto je vysvětleno v Oddíle 5.1.5.

##### 5.1.4.1. Základy klasifikace

Vhodné klasifikace pro události bez skutečného iniciátoru jsou uvedeny v Tabulce 10. Základy pro hodnoty uvedené v tabulce jsou dále uvedeny.

Klasifikace události bude záviset na tom, do jaké míry jsou bezpečnostní funkce degradovány a na pravděpodobnosti iniciátoru, pro který jsou určeny. Přísně vzato, je to pravděpodobnost výskytu iniciátoru v době, kdy bezpečnostní funkce byla degradovaná, ale obecně platí, že metodika nebere v úvahu časové období. Nicméně, pokud je doba degradace velmi krátká, může být vhodná klasifikace na nižší úrovni, než je uvedeno v Tabulce 10 (viz Oddíl 5.1.4.2).

Je-li provozuschopnost bezpečnostní funkce *nedostatečná*, pak prevence proti nehodě bude pouze v tom, že ke vzniku iniciátoru nedošlo. Pro takovéto události, není-li bezpečnostní funkce pro *očekávané* iniciátory požadována, je vhodná klasifikace Stupeň 3. Je-li požadována *nedostatečná* bezpečnostní funkce pouze pro *možné* nebo *pravděpodobné* iniciátory, je jednoznačně vhodná klasifikace na nižší úrovni, protože

pravděpodobnost nehody je podstatně nižší. Z tohoto důvodu Tabulka 10 udává Stupeň 2 pro *možné* iniciátory a Stupeň 1 pro iniciátory *nepravděpodobné*.

Zvolená úroveň by měla být zřejmě nižší, když je bezpečnostní funkce *dostatečná*, než když je *nedostatečná*. Takže, jestliže je funkce vyžadována pro očekávané iniciátory a provozuschopnost je právě *dostatečná*, je vhodná klasifikace Stupeň 2. Nicméně, v mnoha případech může být provozuschopnost bezpečnostní funkce podstatně větší, než jen *dostatečná*, ale ne v rámci provozních limitů a podmínek (LaP). Je to proto, že *minimální provozuschopnost požadovaná provozními limity a podmínkami* bude často ještě obsahovat redundanci a/nebo rozličnost (diverzifikaci) proti některým *očekávaným* iniciátorům. V takových situacích by bylo vhodnější klasifikovat jako Stupeň 1. Tabulka 10 v tomto případě uvádí výběr Stupeň 1 nebo Stupeň 2. Odpovídající hodnota by měla být zvolena v závislosti na zbývajících redundanci a/nebo diverzifikaci.

Je-li bezpečnostní funkce vyžadována pro *možné* nebo *nepravděpodobné* iniciátory, pak snížení o jeden stupeň, z výše získané úrovně pro *nedostatečný* systém, dává Stupeň 1 pro *možné* iniciátory a Pod stupnicí/Stupeň 0 pro iniciátory *nepravděpodobné*. Nicméně, nepovažuje se za vhodné zařadit Pod stupnicí/Stupeň 0 a snižovat dle provozuschopnosti bezpečnostního systému níže, než požadují LaP. Proto je pro oba, *možný* i *nepravděpodobný* iniciátor, uveden v Tabulce 10 Stupeň 1.

Je-li provozuschopnost bezpečnostní funkce *úplná* nebo *v rámci LaP*, elektrárna zůstala ve svém bezpečném provozním „uzavřeném prostředí“ („envelope“, obálce), a pro všechny frekvence iniciátorů je vhodné klasifikovat Pod stupnicí/Stupeň 0. Tabulka 10 tak udává Pod stupnicí/Stupeň 0 pro každé okénko řádků A a B.

TABULKA 10. UDÁLOSTI BEZ SKUTEČNÉHO (REÁLNÉHO) INICIÁTORU

Provozuschopnost bezpečnostní funkce	Frekvence iniciátoru		
	(1) Očekávaná	(2) Možná	(3) Nepravdě podobná
A Úplná	0	0	0
B Minimum požadované provozními limity a podmínkami	0	0	0
C Dostatečná	1 nebo 2	1	1
D Nedostatečná	3	2	1

#### 5.1.4.2. Postup klasifikace

S informacemi popsány v předchozím Oddíle by měly být události hodnocené pomocí následujícího postupu:

- (1) Zjistěte kategorii provozuschopnosti bezpečnostní funkce.
  - (a) Je-li provozuschopnost právě dostatečná, ale stále ještě v rámci LaP, měla by být použita provozuschopnost kategorie B, protože elektrárna zůstala v bezpečném provozním stavu.

- (b) V praxi mohou být bezpečnostní systémy nebo komponenty ve stavu, který není zcela popsán v některé ze čtyř kategorií. Provozní schopnost bezpečnostní funkce může být nižší než *úplná*, ale větší, než je *minimum požadované LaP*, nebo může být k dispozici celý systém, ale jeho funkčnost je zhoršená (degradovaná) ztrátou indikace stavu. V takových případech by měly být použity relevantní kategorie, aby určily možný rozsah klasifikace, a rozhodnutí pro stanovení odpovídající klasifikace je na úsudku hodnotitele..
- (2) Určete kategorii frekvence iniciátoru, pro který je požadována bezpečnostní funkce.
- (a) Jestliže existuje více než jeden relevantní iniciátor, pak musí být uvažován každý z nich a použit by měl být ten, který dává nejvyšší klasifikaci.
- (b) Jestliže frekvence leží na hranici mezi dvěma kategoriemi, lze pro možný rozsah klasifikace použít obě kategorie pro určení pravděpodobného rozsahu klasifikace, a pak bude třeba použít rozhodnutí dle úsudku hodnotitele.
- (c) U systémů, výslovně určených pro ochranu před nebezpečím, je třeba považovat nebezpečí za iniciátor.
- (3) Klasifikace události by měla být stanovena dle Tabulky 10.
- (a) Jestliže byla doba neprovozní schopnosti velmi krátká ve srovnání s intervalem mezi testy jednotlivých komponent bezpečnostního systému (např. několik hodin pro komponentu s měsíčním testováním), je třeba uvážit snížení základní klasifikace události.
- (b) V okénku C1 Tabulky 10, kde je uveden výběr klasifikace, by měl být tento výběr pro uvažovaný iniciátor založen na tom, zda je provozní schopnost právě *dostatečná*, nebo jestli stále ještě existuje redundance a/nebo rozmanitost (diverzita).

*Nadprojektové iniciátory* nejsou výslovně v Tabulce 10 zahrnuty. Je-li provozní schopnost ovlivněných bezpečnostních funkcí nižší než *minimum požadované LaP*, je vhodné klasifikovat na Stupni 1. Pokud je provozní schopnost v rámci požadavků LaP, nebo LaP nestanovují žádná omezení na provozní schopnost systému, je vhodná klasifikace Pod Stupnicí/Stupeň 0.

### 5.1.5. Potenciální události (včetně konstrukčních vad)

Některé události nemají samy o sobě za následek iniciátor nebo zhoršení provozní schopnosti bezpečnostního systému, ale znamenají zvýšení pravděpodobnosti takové události. Příkladem je provozním personálem zjištění konstrukční vady nebo netěsnosti. Obecný přístup ke klasifikaci těchto událostí je následující:

Za prvé – význam potenciální události by měl být hodnocen s uvažováním toho, co se vlastně stalo a uplatněním Oddílu 5.1.3 nebo Oddílu 5.1.4, založeném na provozní schopnosti bezpečnostních opatření, které v té době existovaly. Výběr Oddílu závisí na tom, zda možná událost byla iniciátorem či nedostatečností (degradací) bezpečnostního systému.

Za druhé by se měla snížit klasifikace v závislosti na pravděpodobnosti, že by se případná událost vyvinula z události, ke které skutečně došlo. Stupeň, na který by měla být snížena klasifikace, musí být založen na rozhodnutí podloženém úsudkem.



Jedním z nejběžnějších příkladů možných událostí je objev konstrukčních (strukturálních) vad. Očekává se, že program sledování stavu identifikuje (určí) konstrukční vady ještě před tím, než se jejich velikost stane nepřijatelná. Je-li vada jen do této velikosti, pak by bylo vhodné klasifikovat Pod stupnicí/Stupeň 0.

Když událost znamená odhalení vady větší, než se předpokládalo podle programu sledování stavu, je třeba pro klasifikaci události brát v úvahu dva faktory.

Za prvé, klasifikace potenciální události by měla být stanovena za předpokladu, že vada vedla k selhání konstrukčních částí, s použitím Oddílů 5.1.3 nebo 5.1.4. Je-li vada v bezpečnostním systému, bude základní klasifikace možné události dána aplikací Oddílu 5.1.4. Je třeba též uvážit možnost poruchy se společnou příčinou. V případě, že by porucha komponenty, obsahující vadu, mohla vést k iniciátoru, pak dostaneme základní klasifikaci možné (potenciální) události použitím Oddílu 5.1.3. Ačkoliv mohla být vada nalezena během odstávky, musí být její význam uvažován po celou dobu, během níž je pravděpodobné, že existovala.

Klasifikace možné události, odvozené tímto způsobem, by poté měla být upravena v závislosti na pravděpodobnosti, že vada by vedla k poruše komponenty, a na uvážení přidavných faktorů, diskutovaných v Oddíle 5.2.

### 5.1.6. Události Pod stupnicí/Stupeň 0

Obecně platí, že události by měly být klasifikovány Pod stupnicí/Stupeň 0 pouze tehdy, jestliže použití výše popsaných postupů nevede k vyšší klasifikaci. Nicméně, pokud není žádný z přidavných faktorů, kterými se zabývá Oddíl 5.2, použitelný, jsou pro události, které budou kategorizovány jako Pod stupnicí/Stupeň 0, typické následující typy událostí:

- Normálně probíhající odstavení reaktoru;
- Falešný<sup>18</sup> provoz bezpečnostních systémů, následně návrat do normálního provozu, bez vlivu na bezpečnost zařízení
- Únik chladiva v rámci LaP (OL &C);
- Jednoduchá porucha nebo neprovozoschopnost komponenty v redundantním systému, zjištěná během plánované periodické kontroly nebo testu.

## 5.2. ZVAŽOVÁNÍ PŘÍDAVNÝCH FAKTORŮ

Na různé bariéry ochrany do hloubky mohou současně působit zvláštní aspekty, které by měly být považovány za přidavné faktory, které mohou odůvodnit klasifikaci uvažované události o jeden stupeň vyšší, než ten, který vyplynul z předchozího návodu.

Hlavní přidavné faktory, které takovýmto způsobem působí, jsou:

- Poruchy se společnou příčinou;

---

<sup>18</sup> Falešný provoz v tomto smyslu by zahrnoval provoz bezpečnostního systému v důsledku selhání kontrolního (řídícího) systému, přístrojové odchylky nebo jednotlivé lidské chyby. Avšak uvedení bezpečnostního systému do činnosti, iniciované změnou fyzikálních parametrů, která byla způsobena neúmyslnou činností jinde v elektrárně, by nemělo být považováno za falešnou iniciaci bezpečnostního systému.



- Nedostatky postupů;
- Otázky kultury bezpečnosti.

Díky těmto faktorům je možné, že událost, ač sama o sobě není bezpečnostně významná, mohla by být klasifikována na Úrovni 1, kdyby nevzala v úvahu tyto přídavné faktory.

Když posuzujeme navýšení základní klasifikace v důsledku těchto faktorů, je třeba uvážit následující aspekty:

- (1) Vezmeme-li v úvahu všechny přídavné faktory, lze Stupeň události zvýšit pouze o jeden stupeň.
- (2) Některé z výše uvedených faktorů mohou již být zahrnuty do základní klasifikace (např. poruchy se společnou příčinou). Je proto důležité dbát toho, aby tyto poruchy nebyly započteny dvakrát.
- (3) Klasifikace události nemůže být zvýšena nad Stupeň 3, a tento horní limit pro ochranu do hloubky by měl být použit pouze na ty situace, kde došlo k další události (buď *očekávanému* iniciátoru nebo poruše další komponenty), a došlo by k nehodě.

### 5.2.1. Poruchy se společnou příčinou (Common Cause Failures – CCF)

Porucha se společnou příčinou je porucha řady zařízení nebo součástí, které neplní svou funkci v důsledku jediné zvláštní události nebo příčiny. Zejména může způsobit poruchu redundantních komponent a zařízení, určených k provedení stejné bezpečnostní funkce. To může znamenat, že spolehlivost celé bezpečnostní funkce může být mnohem nižší, než se očekávalo. Závažnost události, která ovlivňuje komponentu a která je odhalena jako potenciální porucha se společnou příčinou pro jiné podobné komponenty, je proto vyšší, než pro událost, zahrnující náhodné selhání komponenty.

Události, při nichž je obtížné provozovat některé systémy v důsledku chybějící nebo zavádějící informace, mohou být také uvažovány pro reklasifikaci na základě poruchy se společnou příčinou.

### 5.2.2. Nedostatky postupů

Jako důsledek nedostatečných postupů se může objevit současné napadení několika „barier“ ochrany do hloubky. Takové nedostatky v postupech jsou proto také možným důvodem pro zvýšení základní klasifikace.

Příklady zahrnují:

- Špatný nebo nedostatečný pokyn, daný obsluze ke zvládnutí události (toto se např. stalo při havárii v Three Mile Island v roce 1979. Postupy používané obsluhujícím personálem v případě iniciace bezpečnostního (havarijního, nouzového) vstřikovacího systému chlazení nebyly vhodné pro zvláštní situaci „Ztrátu chladiva v parní fázi kompenzátoru objemu“).
- Nedostatky programu sledování stavu, zvýrazněné anomáliemi, které nebyly objeveny při běžných postupech nebo nepohotovostmi systému/zařízení, přesahujícími výrazně testovací interval.

### 5.2.3. Otázky kultury bezpečnosti

Kultura bezpečnosti je definována jako "soubor vlastností a postojů v organizacích a u jednotlivců, který stanovuje jako základní prioritu věnovat pozornost ochraně a bezpečnosti, zaručené jejich významem". Dobrá kultura bezpečnosti přispívá k předcházení nehodám, ale na druhou stranu by nedostatek kultury bezpečnosti mohl vést u provozního personálu k provádění úkolů způsobem, který není v souladu s předpoklady projektu. Kulturu bezpečnosti je proto nutno považovat za součást ochrany do hloubky, a následně by proto otázky kultury bezpečnosti mohly být důvodem (a ospravedlnit) zvýšení klasifikace události o jeden stupeň (INSAG 4 [7] poskytuje další informace o kultuře bezpečnosti).

Aby si uvažovaná událost zvýšení klasifikace vzhledem k otázkám kultury bezpečnosti zasloužila, musí událost vykazovat skutečný problém s kulturou bezpečnosti.

#### 5.2.3.1. Porušení provozních limitů a podmínek (LaP - OL & C)

Jedním z nejnepříjemněji definovaných ukazatelů otázek kultury bezpečnosti je porušení LaP.

LaP popisují minimální provozuschopnost bezpečnostních systémů tak, že provoz probíhá v rámci požadavků bezpečnosti kladených na reaktor. Limity a podmínky mohou rovněž zahrnovat, po omezenou dobu, provoz s omezenou pohotovostí bezpečnostního systému. Ve většině zemí jsou LaP zahrnuty do tzv. "technických specifikací" („Technical Specifications“ – „TecSpec“). Kromě toho v případě, že LaP nejsou splněny, technické specifikace popisují opatření, která mají být přijata, včetně časů povolených pro obnovu, a příslušný nouzový (záložní) stav.

Pokud je zjištěná pohotovost systému nižší než je definovaná pro kategorii B (např. po rutinním testu), ale reaktor je uveden do bezpečného stavu v souladu s technickými specifikacemi, měla by být událost hodnocena dle popisu v Oddílech 5.1.3 a 5.1.4, ale základní klasifikace by se neměla zvyšovat, protože byly dodrženy požadavky technických specifikací.

Je-li provozuschopnost bezpečnostní funkce v rámci definované kategorie B, ale provozní personál je v nepohotovém stavu delším než jsou povolené (stanovené) lhůty (tj. jak jsou definovány v technických specifikacích – LaP) v tomto „pohotovostním stavu“, je základní klasifikace na Stupni 0, ale klasifikace by se měla zvýšit na Stupeň 1 v souvislosti s otázkami (zásadami) kultury bezpečnosti.

Stejně tak, pokud provozní personál úmyslně jedná tak, že to vede k provoznímu stavu zařízení mimo LaP, je třeba uvážit zvýšení základní klasifikace události z důvodu problémů v kultuře bezpečnosti.

Kromě formálních LaP zavádějí některé státy do svých technických specifikací další požadavky, jako jsou například limity, které se týkají dlouhodobé bezpečnosti komponent. Pro událost, kde jsou tyto limity překročeny na krátkou dobu, může být vhodnější klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0.

#### 5.2.3.2. Jiné otázky kultury bezpečnosti

Jiné příklady ukazatelů indikátorů otázek kultury bezpečnosti by mohly být:

- Porušení postupu bez předchozího souhlasu;
- Nedostatky v procesu zajišťování kvality;

- Akumulace lidských chyb;
- Ozáření jednotlivého obyvatele při jedné události, které převyšuje stanovené roční dávkové limity;
- Kumulativní ozáření pracovníků nebo jednotlivých obyvatel přesahující stanovené roční dávkové limity;;
- Ztráta kontroly nad radioaktivními látkami, včetně výпустů do životního prostředí, rozšíření kontaminace nebo selhání systémů kontroly dávek;
- Opakování události, pokud existuje důkaz, že provozovatel nevěnoval odpovídající péči tomu, aby zajistil poučení ze získaných poznatků nebo přijetí nápravných opatření po první události.

Je důležité si uvědomit, že cílem tohoto návodu není zahájit dlouhé a podrobné posuzování, ale uvážít, zda existuje okamžité rozhodnutí, které může být uděláno s pomocí takovéto klasifikace události. Často je obtížné bezprostředně po události zjistit, zda klasifikace události by se měla zvýšit z důvodů kultury bezpečnosti. V tomto případě by měla být poskytnuta Prozatímní klasifikace na základě toho, co je známo v daném čase, a konečná klasifikace může pak vzít v úvahu dodatečné informace, týkající se kultury bezpečnosti, které vyplynuly z podrobného vyšetřování.

### 5.3. PRACOVNÍ PŘÍKLADY

#### **Příklad 27. Odstavení reaktoru po pádu regulačních tyčí – Pod stupnicí/Stupeň 0**

##### *Popis události*

Blok byl v provozu na jmenovitém výkonu. Při pohybu skupiny havarijních tyčí, který byl proveden jako pravidelný test sledování stavu řídicích tyčí, byl reaktor odstaven v důsledku signálu „prudký pokles neutronového toku“. To také způsobilo automatické odstavení turbíny a turbogenerátoru.

Chod regulačních tyčí byl okamžitě zastaven a byly zkontrolovány pozice tyčí na detektoru polohy regulačních tyčí. Bylo zjištěno, že čtyři regulační tyče svazku (ze skupiny) havarijních tyčí, který byl testován, spadly před tím, než byl reaktor odstaven.

Signál „prudký pokles neutronového toku“ poskytl ochranu proti poruše měřících přístrojů (instrumentace) a neuplatnil se jako ochrana proti chybám předpokládaným projektem.

Kontrola ovládacího obvodu mechanismu pohonu regulačních tyčí ukázala, že příčinou poruchy byl vadný plošný spoj.

Příslušná vadná deska byla nahrazena náhradní deskou a poté, co byla zkontrolována celistvost ovládacího obvodu, byl obnoven běžný provoz.

##### *Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	Náhodný pád regulačních tyčí nevyvolává bezpečnostní funkci, a proto není iniciátorem.

	Iniciátorem je vypnutí reaktoru (kategorie četnosti - <i>očekávaná</i> ).
5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	Bezpečnostní funkce "chlazení paliva" byla <i>úplná</i> .
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Existoval skutečný iniciátor. Z Oddílu 5.1.3, okénko A(1) v Tabulce 9 je vhodná základní klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0.
5.2. Přídavné faktory:	Neexistují žádné důvody pro novou klasifikaci (resp. překlasifikaci)
Celková klasifikace:	Pod stupnicí/Stupeň 0

## Příklad 28. Únik chladiva reaktoru v průběhu výměny za provozu reaktoru na výkonu – Stupeň 1

### Popis události

Během rutinní výměny paliva při plném výkonu těžkovodního reaktoru došlo k úniku chladiva 1,4 t/h v kobce překládky paliva. Provozní personál zjistil, že východní most výměny paliva spadl o 0,4 m. Reaktor byl odstaven a chlazen. Tlak chladiva byl udržován převodem z jiných bloků a doplňováním z jímky. Celkový únik byl 22 t (přibližně 10% inventáře). Nebyla vyžadována žádná činnost bezpečnostního systému, s výjimkou kontejnmentového boxu, až při vysoké aktivitě po jedné hodině. Nedošlo k abnormálnímu uvolnění aktivity do životního prostředí. Příčinou problému bylo selhání blokovacího zařízení, které nebylo zkontrolováno programem sledování stavu.

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	Ač došlo v reaktoru k velmi malému úniku chladiva, nebyla vyvolána bezpečnostní funkce, protože obsluhující personál provedl opatření k udržení zásoby vody. Neexistoval tak žádný skutečný iniciátor.
5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	I když se únik rozvinul v malou havárii se ztrátou chladiva (LOCA), všechny potřebné bezpečnostní systémy byly plně k dispozici.
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Neexistoval žádný skutečný iniciátor. Z Oddílu 5.1.4 plyne z řádku A tabulky 10, jako vhodná základní klasifikace Stupeň 0. Podle návodu v Oddíle 5.1.5 – „únik nebyl kontrolován“, by toto vedlo k malé LOCA s frekvencí <i>možná</i> . Z okénka A (2) v Tabulce 9 by klasifikace možné události byla Stupeň 1. Protože pravděpodobnost selhání operátorů při kontrole úniku

je nízká, měla by být klasifikace snížena na Stupeň 0.

5.2. Přídavné faktory: Blokovací zařízení nebylo kontrolováno programem sledování stavu. Tento nedostatek byl tedy znám před vznikem události. Z těchto důvodů byla událost překlasifikována na Stupeň 1.

Celková klasifikace: Stupeň 1

### **Příklad 29. Sprchový systém kontejnmentu nebyl provozuschopný, protože ventily zůstaly v uzavřené poloze – Stupeň 1**

#### Popis události

V této dvoublokové elektrárně musí být jednou ročně odstaveny oba reaktory aby bylo možno provést potřebné zkoušky na společném systému havarijního (nouzového) chlazení aktivní zóny (ECCS – emergency core cooling system) a příslušných automatických bezpečnostních zásahů.

Tyto testy jsou obvykle prováděny, když jeden z reaktorů je v odstávce pro výměnu paliva.

Dne 9. října, byly 1. a 2. blok podrobeny těmto testům. 1. blok zůstal dochlazený v odstávce na výměnu paliva a 2. blok začínal znovu najíždět na výkon 14. října. Dne 1. listopadu bylo při měsíční kontrole stavu armatur zjištěno, že čtyři ventily na trasách od sprchových čerpadel do kontejnmentu byly uzavřeny. Byl učiněn závěr, že tyto ventily nebyly znovu otevřeny po zkouškách dne 9. října, v rozporu s požadavky souvisejícího zkušební postupu.

2. blok byl tak provozován po dobu 18 dnů s nefunkčním sprchovým systémem.

Závěr je, že příčinou události byla lidská chyba. Bylo zjištěno, že k chybě došlo na konci etapy zkoušek, která byla kvůli vzniklým problémům delší než obvykle. Dále bylo zjištěno, že by bylo užitečné podrobněji zaznamenávat provedené činnosti .

#### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	Žádný skutečný iniciátor neexistoval. Iniciátorem, který by vyvolal degradovanou bezpečnostní funkci, by byla velká LOCA (nepravděpodobné)
5.1.2. Provozuschopnost bezpečnostní funkce:	Provozuschopnost bezpečnostní funkce zádržného systému byla degradována. Provozuschopnost byla nižší než <i>minimálně požadovaná</i> v LaP , ale větší než jen <i>dostatečná</i> , protože byl k dispozici diverzní („rozlišný“) systém
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Neexistoval žádný skutečný iniciátor. Z Oddílu 5.1.4. je vhodné okénko C (3) Tabulky 10, udávající základní klasifikaci Stupněm 1



5.2. Přídavné faktory:	Nedostatek byl způsoben lidskou chybou, ale není považováno za vhodné zvýšit klasifikaci události z důvodu problémů v kultuře bezpečnosti (Oddíl 5.1.4 vysvětluje, že volba Stupně 1 a ne Stupně 0 pro základní klasifikaci již zohlednila skutečnost, že byly porušeny LaP )
Celková klasifikace:	Stupeň 1

---

### **Příklad 30. Únik vody z primárního okruhu přes prasklou membránu („disk“) barbotážní nádrže („discharge tank“) kompenzátoru objemu - Stupeň 1**

#### *Popis události*

Blok byl uveden do režimu horkého odstavení. Systém odvodu zbytkového tepla RHR (systém odvodu tepla recirkulací – „Recirculation Heat Removal“) byl izolován (oddělen) a částečně odvodněn pro systémové testy po práci na jeho modifikacích, a proto nebyl k dispozici (v pohotovosti). Probíhaly periodické zkoušky účinnosti sprchového systému kompenzátoru objemu a chladicí systém reaktoru byl na tlaku 159 barů. Kolem 16:00 hod. byla iniciována signalizace (alarm) v důsledku vysokého tlaku v barbotážní nádrži („relief tank“; odpouštěcí vyrovnávací) kompenzátoru objemu. Hladina v kontrolní nádrži klesala a naznačovala únik chladiva reaktoru s odhadovanou hodnotou 1,5 m<sup>3</sup> za hodinu. Do budovy reaktoru vstoupil pracovník ve snaze zjistit, kde došlo k úniku a došel k závěru, že se jedná o dírk ventilu na chladicím systému reaktoru (ruční ventil umístěný na by-pasu (obtoku) s čidlem teploty). Pracovník zkontroloval, že ventil je těsný proti úniku tím, že ho pomocí ručního kola přestavil do polohy na zadním sedle ventilu (ve skutečnosti ventil ještě správně „neseděl“).

Únik pokračoval a v 18:00 hodin byli zvoláni pracovníci údržby, ale také jim se nepodařilo zjistit zdroj úniku.

Během této doby tlak a teplota uvnitř barbotážní nádrže kompenzátoru objemu neustále rostly. Teploty se udržovaly pod 50 °C pomocí postupu „feed and bleed“ (doplňování a odpouštění; tj. vstřikování studené doplňovací vody do barbotážní nádrže a odpouštění do sběrné nádrže kontrolovaných úniků chladiva reaktoru). Dvě paralelně instalovaná čerpadla vedla tuto odpadní vodu ven z reaktorové budovy směrem k nádrži systému regenerace bóru („boron recycle system tank“).

Kolem 09:00 hod. detektory aktivity ukazovaly vzrůst radioaktivity v budově reaktoru. V 09:56 hod. byla dosažena nastavená hodnota pro částečnou izolaci kontejnmentu. To vedlo k uzavření armatur uvnitř kontejnmentu na systému ventilace a drenáže „jaderného ostrova“. V tomto okamžiku (bodě) už nemohl být výtok odpadních vod směřován do systému regenerace boru.

Tlak uvnitř barbotážní nádrže nadále rostl, až ve 21:22 hod. došlo k prasknutí membrány (disků) a „odfouknutí“. K udržení teploty v barbotážní nádrži kompenzátoru objemu na teplotě kolem 50 °C pokračovalo doplňování vody až do 23:36 hod. V 01:45 hod. klesla úroveň aktivity uvnitř budovy reaktoru pod stanovenou mez pro uzavření (izolaci) kontejnmentu.

Ve 02:32 hod. byl tlak chladiva v reaktoru 25 barů. Blok byl uveden do podkritičnosti při horkém odstavení, s odvodem tepla přes parogenerátory, ale systém RHR nebyl ještě k dispozici.



Systém RHR byl uveden do původního stavu v 10:54 hod. a v 11:45 hod. byl unikající ventil na systému chlazení reaktoru odpojen od dálkového ovládání, aby se mohl znovu „usadit“ a tím zastavit únik.

#### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	Žádný skutečný iniciátor neexistoval, protože bezpečnostní systémy pro havarijní chlazení aktivní zóny nebyly napadeny. Počáteční únik byl řízen normálními systémy doplňování (viz Oddíl 5.1.1)
5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	Kdyby se únik vyvinul v malou LOCA, všechny požadované bezpečnostní systémy by byly plně k dispozici
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Neexistoval žádný skutečný iniciátor. Z Oddílu 5.1.4. je vhodný řádek A, tabulky 10, který udává základní klasifikaci Pod stupnicí/Stupeň 0. Podle návodu v Oddíle 5.1.5, že únik se zhoršoval bez jakékoliv akce ze strany provozního personálu, což by vedlo k malé LOCA, je frekvence <i>možná</i> . Dle okénka A(2) v Tabulce 9, by byla klasifikace možné události na Úrovni 1. Protože je pravděpodobnost možných (potencionálních) událostí nízká, měla by být klasifikace snížena na Stupeň 0.
5.2. Přídavné faktory:	Falešný iniciátor izolace kontejnmentu způsobil provozní obtíže a dal zavádějící informace. Z těchto důvodů byla událost překlasifikována na Stupeň 1
Celková klasifikace:	Stupeň 1

### Příklad 31. Pád palivového souboru při výměně paliva - Stupeň 1

#### Popis události

Při zvedání nového palivového souboru, z místa jeho uložení při výměně paliva, došlo ke spontánnímu vytažení teleskopického nosníku zavážecího stroje a soubor čerstvého paliva spadl na centrální trubici v prostoru rámu („flask“) zavážecího stroje. Blokovací zařízení zapracovalo dle projektu, nedošlo k žádnému poškození paliva ani poklesu tlaku.

#### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.

5.1.1. Frekvence iniciátoru	Ačkoliv se událost týkala pouze neozářeného paliva, mohlo se stát totéž s vyhořelým palivem. Pád samotného palivového souboru je považován jako <i>možný</i> iniciátor
5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	Předpokládané bezpečnostní systémy byly plně k dispozici
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Neexistoval žádný skutečný iniciátor. Z Oddílu 5.1.3. je vhodné okénko A(2) v Tabulce 9, udávající základní klasifikaci na Úrovni 1. Použití návodu v Oddíle 6.3.8 by dávalo stejnou klasifikaci
5.2. Přídavné faktory:	Neexistují žádné důvody pro překlasifikování události
Celková klasifikace:	Stupeň 1

### **Příklad 32. Nesprávná kalibrace regionálních detektorů převýšení výkonu – Stupeň 1**

#### *Popis události*

Během rutinní kalibrace lokálních detektorů převýšení výkonu pro systémy automatického odstavení 1 a 2 byl použit nesprávný kalibrační koeficient. Použitý kalibrační koeficient byl pro 96% výkon, ale reaktor pracoval na 100% výkonu. Tato chyba v kalibraci byla objevena přibližně šest hodin později, načež byly přehodnoceny všechny detektory na správnou hodnotu pro provoz na plném výkonu. Vypínací účinnost od tohoto parametru pro oba systémy byla tak snížena přibližně na šest hodin. Alternativní vypínací parametr s redundancí byl po celou dobu k dispozici.

#### *Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	Neexistoval žádný skutečný iniciátor. Ochranný systém reaktoru byl vyžadován pro očekávané iniciátory
5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	Byla snížena provozuschopnost ochranného systému. Provozní schopnost byla nižší než <i>minimálně povolená LaP</i> , ale větší, než jen <i>dostatečná</i> , protože druhý vypínací parametr s redundancí zůstal k dispozici. I špatně kalibrované detektory by měly také zajistit ochranu pro většinu poruchových stavů.
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Neexistoval žádný skutečný iniciátor. Vhodná je kolonka C (1) z Oddílu 5.1.4. v Tabulce 10, uvádějící Stupeň 1 nebo 2. Byl vybrán Stupeň 1, protože provozuschopnost byla značně větší, než jen <i>dostatečná</i>

5.2. Přídavné faktory: Při posuzování, zda by měla být upravena základní klasifikace, je důležité vzít v úvahu, že chyba existovala pouze krátkou dobu. Na druhé straně existovaly nedostatky v postupech. Bylo rozhodnuto ponechat klasifikaci na Úrovní 1

Celková klasifikace: Stupeň 1

---

### Příklad 33. Selhání bezpečnostního podsystému při rutinním testování - Stupeň 1

#### Popis události

Blok pracoval na jmenovitém výkonu. Během rutinního testování jednoho dieselgenerátoru došlo k selhání systému řízení dieselgenerátoru. Diesel byl pro údržbu vyřazen z provozu po dobu asi šesti hodin a poté se vrátil do provozu. „Technické specifikace“ (LaP) stanovují, že jestliže je jeden dieselgenerátor vyřazen z provozu, měly by být testovány zbývající dva bezpečnostní podsystémy. Toto testování v této době nebylo provedeno. Následně byly testovány bezpečnostní podsystémy a byly zjištěny jako pohotové.

#### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	Neexistoval žádný skutečný iniciátor. Dieselgenerátory byly potřebné pro poruchu se ztrátou vnějšího napájení (očekávaná).
5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	Byla snížena provozní schopnost ochranného systému. Provozní schopnost nebyla nižší než <i>minimálně povolená LaP</i> , protože zůstaly k dispozici dva podsystémy. Dodatečně prováděné zkoušky nakonec ukázaly, že pohotové byly skutečně dva podsystémy
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Neexistoval žádný skutečný iniciátor. Vhodná je kolonka B (1) z Oddílu 5.1.4. v Tabulce 10, uvádějící základní klasifikaci Pod stupnicí/Stupeň 0.
5.2. Přídavné faktory:	Pracovníci porušili LaP bez udání důvodu, takže událost byla překlasifikována na Stupeň 1
Celková klasifikace:	Stupeň 1

---

### **Příklad 34. Projekt elektrárny pro události se zaplavením nemůže zmírnit následky poruch potrubního systému - Stupeň 1**

#### *Popis události*

Při kontrole dozorného orgánu bylo zjištěno, že nebyla věnována odpovídající pozornost důsledkům vnitřních povodní.

Dokumentace, která by řešila konkrétní události, způsobené záplavou v důsledku postulovaných poruch zařízení, sice existovala, ale kompletní analýza záplav vnitřního zařízení nebyla vyvinuta ani během, ani následně po zpracování původního projektu elektrárny.

Jako odezva na nedostatečný projekt elektrárny byly provedeny některé fyzické změny k minimalizaci ohrožení provozního zařízení a obsluhy při boji proti potenciálním záplavovým událostem. Nebylo však jasné, zda projekt elektrárny zajistil adekvátní ochranu proti následkům poruch potrubního systému, nesouvisejícího s bezpečností, v turbínové hale (budově). Vysoká hladina vody v turbínové hale by měla za následek natečení vody do některých zařízení systému ochrany bloku (ESF - engineering safety features) umístěných v místnostech, které nejsou odděleny od turbínové haly vodotěsnými dveřmi a jejichž podlahy mají společnou kanalizaci. V místnostech s ESF jsou i havarijní systémy napájení parogenerátorů (AFS - auxiliary feedwater system), havarijní (nouzové) dieselgenerátory a spínače ESF (switchgear) 480 V a 4160 V.

Výsledkem kontroly bylo vytvoření projektových a licenčních podkladů pro vnitřní záplavy a dokončení seizmické kvalifikace vybraných potrubí a komponent. Byly dokončeny konstrukční úpravy (modifikace) k ochraně systémů a komponent elektrárny třídy 1, jak je definováno v aktualizované Bezpečnostní zprávě. To zahrnovalo instalaci protipovodňových zábran na dveře do místností, které obsahují ESF zařízení, instalaci zpětných klapků (ventilů) na vybraných drenážních potrubích v podlaze a instalaci (circuitry) obvodu na vypnutí cirkulačních vodních čerpadel na vysokou hladinu vody v suterénu budovy turbíny.

#### *Vysvětlení klasifikace*

Obecně platí, že nedostatky projektu zjištěné během pravidelných periodických hodnocení bezpečnosti (PSR – Periodic Safety Review) nebo programů prodloužení životnosti, které mají být hodnoceny dle INES, by neměly být považovány za jednotlivé události. Je však možné, že chyby v analýze, objevené v průběhu dalších prací, mohou být zcela dobře vykazovány jako události. Tato příručka si neklade za cíl definovat, o jakých událostech by měla být veřejnost informována, ale spíše dát návod, jak klasifikovat události, které jsou sdělovány veřejnosti. Tato událost je zahrnuta proto, aby ukázala, jak lze takovéto události klasifikovat.

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	Neexistoval žádný iniciátor. Bezpečnostní systémy byly vyžadovány proti iniciátoru s prasknutím potrubí v systému s velkou přeměnou energie ( <i>nepravděpodobný</i> iniciátor).

5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	Bezpečnostní funkce chlazení po odstavení (vypnutí) byla nedostatečná.
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Neexistoval žádný skutečný iniciátor. Vhodná je kolonka D (3) z Oddílu 5.1.4. v Tabulce 10, uvádějící základní klasifikaci Stupeň 1.
5.2. Přídavné faktory:	Neexistují žádné důvody, aby událost byla překlasifikována
Celková klasifikace:	Stupeň 1

### **Příklad 35. Dva havarijní (nouzové) dieselgenerátory nenastartovaly po odpojení dodávky energie z hlavní sítě - Stupeň 2**

#### *Popis události*

Elektrická závada na venkovní rozvodně (switchyard) 400 kV, způsobená chybami v průběhu zkušebnímu postupu, vedla k odpojení bloku od sítě. Buzení generátorů způsobilo zvýšení napětí na generátorových sběrnicích asi na 120%. Toto přepětí způsobilo, že dva ze čtyř, DC/AC (stejnoseměrně/střídavých) střídačů nepřerušovaného napájení (UPS - uninterruptible power supply) vypnuly. O 30 s později byl postupně ztracen provozní režim na vlastní spotřebě na obou turbo-generátorech („house load mode of operation“), vypnutí UPS DC/AC střídačů bránilo připojení dvou ze čtyř havarijních (nouzových) dieselgenerátorů na sběrnice 500 V. Přibližně za 20 minut po iniciační události, byly 500 V dieselové sběrnice v postižených divizích („divisions“) ručně připojeny k systému 6 kV, napájenému vnějším pomocným („auxiliary“) napájením, a všechny elektrické systémy byly tak funkční. Odstavení reaktoru bylo úspěšné, a všechny regulační tyče byly zasunuty tak, jak se očekávalo. Dva (uvolňovací, pojistné) ventily v přetlakovém systému otevřely z důvodu neoprávněné (nezaručené – „unwarranted“) iniciace bezpečnostních systémů MaR (měření a regulace). Havarijní (nouzový) systém chlazení aktivní zóny však byl ve dvou ze čtyř smyček (podsystemů) více než dostatečný k udržení hladiny v reaktoru (nad aktivní zónou), protože nedošlo k žádné další havárii se ztrátou chladiva (LOCA). Personál blokové dozorny měl potíže se správným dozorem nad elektrárnou v průběhu události, protože mnoho indikací (kontrolek) a odečítaných hodnot (stupnic – „readings“) bylo ztraceno v důsledku výpadku proudu ve dvou systémech, které napájely většinu přístrojového vybavení blokové dozorny. Následné vyšetřování ukázalo, že přepětí na sběrnicích generátoru mohlo snadno zabránit práci všech čtyř systémů nepřerušovaného napájení (UPS).

#### *Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	Došlo k odstavení reaktoru, což je častý iniciátor. Došlo také k částečné ztrátě vnějšího elektrického napájení, které vyžaduje počáteční provoz dieselgenerátorů s následným ručním připojením k rezervnímu napájení

5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	Všechny chladicí systémy byly dostupné, ale napájení pro přepínání (switching) nebylo k dispozici ve dvou systémech. Nepohotovost dvou ze čtyř systémů byla na omezenou dobu povolena, takže byl tento stav v rámci LaP .
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Vznikl skutečný iniciátor. Vhodná je kolonka B (1) z Oddílu 5.1.3. v Tabulce 9, uvádějící základní klasifikaci Stupeň 1 nebo Stupeň 2. Protože všechny chladicí systémy byly ve skutečnosti dostupné díky ručnímu přepnutí, byla zvolena nižší klasifikace
5.2. Přídavné faktory:	Zcela jasně vznikl problém s poruchou se společnou příčinou, protože všechny čtyři UPS systémy měly problém se stejným přepětím. Z tohoto důvodu byla základní klasifikace zvýšena o jeden stupeň
Celková klasifikace:	Stupeň 2

Tato událost také ukázala, že bezpečnostní systémy jsou citlivé na ztrátu vnějšího napájení spojenou s přepětím. Proto je také třeba, aby klasifikace byla založena na ocenění tohoto zjištěného snížení provozuschopnosti.

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	K úplné ztrátě vnějšího napájení (LOOP- loss of off-site power) nedošlo, ale je to <i>očekávaný</i> iniciátor
5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	Za předpokladu, že ztráta vnějšího napájení (LOOP) vedla k přechodovému procesu s přepětím (které bylo pravděpodobné), startovaly by diesely, ale neexistovala by žádná možnost k jejich připojení. Provozní pracovníci by museli asi během 40 minut najít způsob, jak ručně diesely připojit. Na tomto základě byla bezpečnostní funkce provozuschopnosti právě jen <i>dostatečná</i>
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Nevznikl skutečný iniciátor. Vhodná je kolonka C (1) z Oddílu 5.1.4. v Tabulce 10, uvádějící základní klasifikaci Stupeň 1 nebo Stupeň 2. Protože všechny chladicí systémy byly ve skutečnosti dostupné, díky tomu, že je bylo možno přepnout na napájení z dieselů, byla zvolena nižší klasifikace
5.2. Přídavné faktory:	Tato analýza již předpokládá selhání všech UPS systémů, takže neexistuje žádný podklad pro další překlasifikování
Celková klasifikace:	Stupeň 2 na základě první analýzy se skutečným iniciátorem



**Příklad 36. Ztráta nuceného oběhu plynu po dobu 15 až 20 minut - Stupeň 2***Popis události*

Jednofázová porucha na napájení instrumentace (přístrojového vybavení) reaktoru 1 nebyla odstraněna automaticky, a trvala až do doby, kdy bylo napájení přepnuto ručně. Chyba způsobila uzavření (vypínacích – „trip“) ventilů vysokotlakého i nízkotlakého napájení jednoho ohříváku napájecí vody, což vedlo k doběhu odpovídajícího, parou poháněného, plynového dmychadla. Vypadla velká část automatické a instrumentační kontroly ohříváků na reaktoru 1. Manuální zasunutí tyče bylo možné a došlo k tomuto pokusu, ale rychlost nebyla dostatečná, aby zabránila vzrůstu teplot, což vedlo k automatickému vypnutí reaktoru 1 od vysoké teploty palivového článku (vzrůst cca 16°C). Provoznímu personálu se zdálo, že byly vyřazeny všechny systémy řídicích tyčí.

Baterie zálohovaly základní přístrojové vybavení a systém ochrany reaktoru zůstal funkční, spolu s některými běžnými (normálními) kontrolními systémy a přístrojovým vybavením.

Všechna plynová dmychadla se zastavila, protože došlo ke zhoršení dodávky páry do jejich turbin. Výpadku napájení přístrojového vybavení bylo bráněno připojením pony motorů plynových dmychadel buď automaticky, nebo manuálně. Nízkotlaké napájení bylo udržováno po celou dobu do tří ze čtyř ohříváků (výparníků – „boiler“) a manuálně obnoveno ve čtvrtém ohříváku. Po počátečním přechodovém procesu, vedoucím k vypnutí reaktoru, poklesla teplota palivových článků, ale pak rostla, protože selhala nucená cirkulace plynu. Tyto teploty se ustálily na cca 50°C pod normální provozní úroveň před ještě jedním poklesem, když nastartovaly pohony (pony motory) plynových dmychadel při zapojení pohotovostního režimu napájení instrumentace (přístrojového vybavení). Reaktor 2 nebyl ovlivněn a byl provozován na plném výkonu v celém průběhu události. Reaktor 1 se vrátil na výkon následující den.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	<p>Tuto událost je třeba zvažovat ve dvou částech. Prvním iniciátorem byl přechodový proces způsobený ztrátou napájení jednoho ohříváku, spolu se ztrátou indikací (údajů). To si vyžádalo ochranný systém, který byl ještě plně k dispozici. Tato část události by proto mohla být klasifikována Pod stupnicí/Stupeň 0. Je třeba poznamenat, že i když prvním projevem v události byla chyba v napájení instrumentace, nebyl to iniciátor. Chyba instrumentace způsobila ztrátu napájecí vody jednoho ohříváku, ale nebyl přímo vyžádán žádný bezpečnostní systém. Není ho proto třeba považovat za iniciátor. Přechodový proces, který následoval vyvolal ochranný systém, a proto iniciátorem byl.</p> <p>Druhým iniciátorem bylo vypnutí reaktoru a zastavení parou poháněných plynových dmychadel. Toto</p>

vyvolalo bezpečnostní funkci 'chlazení paliva'.

5.1.2. Provozoschopnost  
bezpečnostní funkce:

Provozoschopnost této bezpečnostní funkce byla nižší než *minimálně požadovaná* v LaP , protože žádný z pony motorů nemohl nastartovat, ale více než *dostačná*, protože efektivní chlazení poskytovala přirozená cirkulace a nucená cirkulace byla obnovena před tím, než se mohly teploty zvýšit na nepřijatelnou úroveň

5.1.3. a 5.1.4.  
Základní klasifikace:

Existoval skutečný iniciátor. Vhodná je kolonka C(1) z Oddílu 5.1.3. v Tabulce 9, uvádějící základní klasifikaci Stupeň 2 nebo Stupeň 3. Jak je vysvětleno v tomto oddíle, zvolení Stupně závisí na rozsahu, v jakém je provozuschopnost větší než jen *dostatečná*. V této události je z důvodu dostupnosti přirozené cirkulace a omezené doby, po kterou nucená cirkulace nebyla k dispozici, vhodná klasifikace Stupněm 2

5.2. Přídavné faktory:

Pokud jde o možnou překlasifikaci, měly by se vzít v úvahu dvě otázky, jak je uvedeno v Oddíle 5.2.1. Chyba zahrnovala poruchu se společnou příčinou pro všechna dmychadla. Tato skutečnost je nicméně již zohledněna v základní klasifikaci, a překlasifikování události by bylo dvojím započítáváním (viz úvod k Oddílu 5.2, bod (2)). Dalším relevantním faktorem jsou obtíže způsobené chybějícími údaji (indikacemi). Tyto byly však relevantnější pro kontrolu iniciačního přechodového procesu a nemohly vést ke zhoršení chlazení v situaci po odstavení (vypnutí). Kromě toho dle bodu (3) v úvodu Oddílu 5.2, by Stupeň 3 byl nevhodný, protože jednoduchá porucha další komponenty by nevedla k havárii.

Celková klasifikace:

Stupeň 2

### Příklad 37. Malá netěsnost (únik) primárního okruhu - Stupeň 2

#### Popis události

Velmi malý únik (zjištěný pouze měřením vlhkosti) byl objeven v neizolované části jedné bezpečnostní vstříkovací linie z důvodu vad (defektů), která nebyly očekávány programem sledování stavu (prostor nebyl kontrolován programem sledování stavu). Podobné, ale menší vady byly přítomny v jiných bezpečnostních vstříkovacích liniích (smyčkách).

#### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.

5.1.1. Frekvence iniciátoru	Dle Oddílu 5.1.5, pokud vada (defekt) vedla k selhání komponenty, došlo by k velké havárii se ztrátou chladiva (LOCA) ( <i>nepravděpodobný</i> iniciátor)
5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	Provozní schopnost bezpečnostní funkce pro tento postulovaný Iniciátor byla <i>úplná</i>
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	V souladu s metodikou pro konstrukční vady jsme vedeni k použití kolonky A(3) z Oddílu 5.1.3. v Tabulce 9, uvádějící horní úroveň pro základní klasifikaci jako Stupeň 2. Protože došlo pouze k úniku (žádná skutečná porucha potrubí), klasifikace by měla být snížena o jeden stupeň
5.2. Přídavné faktory:	Protože by defekty mohly vést k poruše se společnou příčinou pro všechny bezpečnostní vstříkovací linie, byla klasifikace zvýšena na Stupeň 2
Celková klasifikace:	Stupeň 2

---

### **Příklad 38. Částečné ucpání vtoku vody při chladném počasí - Stupeň 3**

#### *Popis události*

Tato událost ovlivnila oba bloky v elektrárně, ale pro zjednodušené vysvětlení zde bude uvažován jen dopad na blok 2.

Vlastní dodávka elektrické energie (vlastní spotřeba) mohla být poskytnuta buď jiným blokem nebo skupinou čtyř pomocných turbogenerátorů.

Zdrojem události bylo chladné počasí, panující v dané době v této oblasti. Ledové kry blokovaly vtok vody, zatímco nízké teploty přispěly k vypnutí konvenční elektrárny, které následovalo po poklesu napětí na rozvodné síti.

Led proklouzl pod sběrač („skimmer“) a dostal se až k česlím čerpací stanice bloku 1. Dále se pravděpodobně formace ledu změnila v tuhý blok, částečně bránící česla sdílená dvěma síťovými turbogenerátory čerpací stanice bloku 1. To by přineslo výrazné snížení vtoku neupravené vody do čerpací stanice. Neexistoval jasný, výstražný signál udávající pokles úrovně hladiny.

V důsledku poklesu úrovně hladiny, vedla ztráta vakua v kondenzátorech k automatickému vypnutí čtyř pomocných turbogenerátorových soustrojí v daném místě (09:30 - 09:34); každá ze čtyř odpovídajících sběrnic byla „znovunapájena“ z rozvodné sítě během jedné sekundy.

Hlavní turbogenerátory na 1. bloku byly vypnuty v 09:28 a 09:34, a reaktor byl odstaven.

Druhý blok zůstal v provozu, i když od 09:33 do 10:35 nebyl v prostoru elektrárny v pohotovosti žádný pomocný turbogenerátor (stav není předvídan ani povolen v Technických Specifikacích – LaP ), a napájení pro blok se skládalo pouze z přenosové sítě a dvou hlavních turbogenerátorů. Od 10:55 dále, kdy byl druhý pomocný turbogenerátor připojen ke svému rozvaděči, byly dvěma provozovanými pomocnými

turbogenerátory napájeny další dvě turbodmychadla, napájená z jedné ze dvou linek 400 kV.

V 11:43, po poklesu napětí v rozvodné síti, dva hlavní turbogenerátory na 2. bloku téměř současně vypnuly (neúspěšný náběh na vlastní spotřebu), což způsobilo pád tyčí a vypnutí reaktoru, stejně tak ztrátu vnějšího napájení (vypnutí jističů).

V této době byly vráceny zpět do provozu pouze dva ze čtyř pomocných turbogenerátorů. Následně tak zůstaly v provozu pouze dvě ze čtyř turbodmychadel pro chlazení aktivní zóny. Elektrické vedení, spojující blok 2 do sítě, bylo obnoveno po 10 a 26 minutách, kdy byla vrácena do provozu ostatní dvě turbodmychadla.

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	Jedná se o komplexní soubor událostí, ale událost, která byla klasifikována, je provoz 2.bloku bez vlastní spotřeby (vlastní základní dodávky elektrické energie); v následku ztráty chladicí vody po zalednění). Neexistoval žádný iniciátor, ale iniciátorem, který by vyvolal vlastní (vnitřní) elektrické napájení je ztráta vnějšího napájení ( <i>očekáváno</i> ).
5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	Bezpečnostní funkce "chlazení paliva" byla degradována. Provozní schopnost bezpečnostní funkce byla <i>nedostatečná</i> , protože neexistovala žádná vlastní dodávka elektrické energie
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Existoval skutečný iniciátor. Vhodná je kolonka D(1) z Oddílu 5.1.4. v Tabulce 10, uvádějící základní klasifikaci Stupeň 3.
5.2. Přídavné faktory:	Přestože byla doba nepohotovosti krátká (1 h), pravděpodobnost ztráty vnějšího napájení byla vysoká. Ve skutečnosti ke ztrátě došlo krátce poté. Není proto vhodné, aby se událost překlasifikovala směrem dolů
Celková klasifikace:	Stupeň 3

### Příklad 39. Odstavení bloku způsobené narušením sítě v důsledku tornáda – Stupeň 3

#### Popis události

V důsledku tornáda bylo poškozeno vedení (přenosové linky). Blok byl odstaven systémem havarijní ochrany v důsledku silných oscilací v systému.

Pomocné napájení bloku byl dodáváno z provozního (servisního) transformátoru. Tlak v hlavním parním kolektoru byl udržován a zbytkové teplo bylo odváděno. Chlazení aktivní zóny bylo zachováno díky přirozené cirkulaci.

Po poklesu napětí byl generován signál na start dieselu, ale dieselgenerátory (DG) se nepodařilo připojit k základním sběrnicím. Vzhledem k tomu, že signál pro start DG přetrvával, následovalo periodické restartování. Následné pokusy o napájení z dieselgenerátorů přes pomocné sběrnice byly neúspěšné, vzhledem k nedostatku vzduchu v lahvích (bombách) pro nastartování.

Čtyři hodiny po odstavení došlo po dobu 30 min k celkové ztrátě energie. V průběhu celého přechodového procesu byl stav aktivní zóny monitorován s pomocí projektem poskytnuté instrumentace.

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	Došlo ke skutečnému iniciátoru, ztráta vnějšího napájení. Frekvence tohoto iniciátoru je <i>očekávaná</i> . Iniciátor byl způsoben tornádem, ale v Oddíle 5.1.3 se uvádí, že nebezpečí samo o sobě by nemělo být používáno jako iniciátor
5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	I když nebyl k dispozici žádný diesel, pohotovost bezpečnostní funkce byla právě <i>dostatečná</i> , vzhledem k omezenému času ztráty vnějšího napájení
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Existoval skutečný iniciátor. Vhodná je kolonka C(1) z Oddílu 5.1.3. v Tabulce 9, uvádějící základní klasifikaci Stupeň 2 nebo Stupeň 3. Protože bezpečnostní funkce byla právě <i>dostatečná</i> , byl zvolen Stupeň 3
5.2. Přídavné faktory:	Neexistují žádné důvody pro překlasifikování
Celková klasifikace:	Stupeň 3

### Příklad 40. Úplný výpadek elektrárny (black-out) v důsledku požáru v budově turbíny - Stupeň 3

#### Popis události

K požáru došlo v budově turbíny. Reaktor PHWR byl vypnut ručně a bylo zahájeno dochlazování reaktoru.

V důsledku požáru bylo poškozeno mnoho kabelů a ostatních elektrických zařízení, což vyústilo v úplnou ztrátu napájení (black-out). Odvod zbytkového tepla aktivní zóny probíhal prostřednictvím přirozené cirkulace. Voda byla napájena na sekundární straně parogenerátorů pomocí dieselových požárních čerpadel. Do moderátoru byla přidána těžká voda s příměsí bóru k udržení reaktoru v podkritickém stavu na všech provozních stavech.

## Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné následky:	Nebyly zjištěny žádné skutečné důsledky této události.
5.1.1. Frekvence iniciátoru	Ztráta vnější elektrické energie (třídy IV, III, II nebo I) je možná, iniciátor pro PHWRs, který se skutečně vyskytl (tj. reálný) je <i>možný</i> . Stejně jako v předchozím příkladu nemůže být nebezpečí přijato jako iniciátor
5.1.2. Provozní schopnost bezpečnostní funkce:	Bezpečnostní funkce "chlazení" byla právě dostatečná, protože sekundární straně byla napájena pomocí motorového požárního čerpadla, což není normální bezpečnostní systém.
5.1.3. a 5.1.4. Základní klasifikace:	Existoval skutečný iniciátor. Vhodná je kolonka C(2) z Oddílu 5.1.3. v Tabulce 9, uvádějící základní klasifikaci Stupeň 2 nebo Stupeň 3.
5.2. Přídavné faktory:	Byl vybrán Stupeň 3, protože tam nebyly k dispozici žádné bezpečnostní systémy a mnoho údajů (indikací) bylo ztraceno. Řada dalších potenciálních jednoduchých poruch mohla mít za následek havárii
Celková klasifikace:	Stupeň 3



## 6. POSOUZENÍ DOPADU NA OCHRANU DO HLOUBKY PRO UDÁLOSTI V URČENÝCH ZAŘÍZENÍCH

Tento oddíl se zabývá těmi událostmi, kde neexistují žádné "skutečné důsledky", ale kde některé z bezpečnostních opatření selhalo. Záměrné zařazení vícenásobných opatření nebo více překážek (bariér), se nazývá "ochrana do hloubky".

Návod v tomto Oddíle je určen pro všechny události v zařízeních palivového cyklu, výzkumných reaktorech, urychlovačích (např. lineárních urychlovačích a cyklotronech) a události spojené se selháním bezpečnostních opatření v zařízeních, týkajících se výroby a distribuce radionuklidů nebo využití zdrojů kategorie 1. Návod pokrývá také mnoho událostí v lokalitách s reaktory. Zatímco Oddíl 5 poskytuje návod pro události na jaderných reaktorech v průběhu provozu, tato část obsahuje návod pro celou řadu dalších událostí v lokalitách s reaktory. Patří mezi ně události, týkající se reaktorů při odstavení nebo reaktorů, které jsou vyřazovány z provozu, ať už palivo ještě stále v lokalitě je, nebo už není, a další události v lokalitách reaktorů, jako jsou události spojené se zařízením na skladování odpadů nebo údržbu zařízení. Návod je založen na přístupu, který je znám jako "Přístup bezpečnostních vrstev" (Safety Layers Approach).

Opatření ochrany do hloubky, jako jsou blokovací zařízení, chladicí systémy, fyzické bariéry, jsou uplatňována ve všech zařízeních, kde se pracuje s radioaktivními látkami. Pokrývají ochranu obyvatel a pracovních sil, a zahrnují prostředky k zabránění přenosu látek do špatně stíněných míst a úniku radioaktivních látek. Koncepce ochrany do hloubky zde není podrobně vysvětlena, protože je většině z těch, kteří používají tento manuál na události v jaderných zařízeních, důvěrně známa. Nicméně, v příloze I jsou některé další podklady.

Tato sekce je rozdělena do čtyř hlavních částí. První uvádí obecné principy, které mají být použity ke klasifikaci událostí podle ochrany do hloubky. Protože potřebují pokrýt širokou škálu typů zařízení a událostí, jsou obecné povahy. S cílem zajistit, aby byly uplatňovány konzistentně, dává Oddíl 6.2 podrobnější návod, včetně návodu na překlasifikování událostí. Oddíl 6.3 uvádí konkrétní návod pro určité typy událostí a Oddíl 6.4 poskytuje řadu pracovních příkladů.

### 6.1. OBECNÉ ZÁSADY PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ

Přestože INES vyčleňuje tři stupně z hlediska dopadu na ochranu do hloubky, maximální možné důsledky pro některá zařízení nebo činnosti, i když všechna bezpečnostní opatření selžou, jsou omezeny inventářem radioaktivních látek a mechanismem úniku. Není vhodné klasifikovat události, spojené s opatřeními ochrany do hloubky pro takové činnosti na nejvyšších stupních, které jsou pro ochranu do hloubky možné. Pokud maximální potenciální důsledky pro konkrétní činnost nemohou být klasifikovány výše než Stupeň 4 (na stupnici INES), pak je vhodné podle ochrany do hloubky klasifikovat maximálně na Úrovni 2. Podobně, pokud maximální možné následky nemohou být klasifikovány výše než Stupeň 2, pak maximální klasifikace podle ochrany do hloubky je Stupeň 1. Jedno zařízení může pokrýt více činností, a každou činnost je třeba posuzovat v této souvislosti odděleně. Například ukládání odpadů a přepracování by mělo být považováno za samostatné činnosti, i když se obě mohou provádět na jednom zařízení.

Po zjištění horní meze klasifikace podle ochrany do hloubky je pak nutné uvážit, jaká bezpečnostní opatření ještě zůstávají účinná (tj. jaká další selhání bezpečnostních

opatření by musela nastat, aby událost vedla k maximálně možným důsledkům pro tuto činnost). To zahrnuje posouzení hardwaru a administrativních systémů pro prevenci, řízení a zmírňování následků, včetně pasivních a aktivních bariér. Přístup ke klasifikaci je založen na posouzení pravděpodobnosti, že by událost mohla vést k havárii, nikoliv však přímo pomocí pravděpodobnostního postupu, ale zvážením toho, jaká další selhání bezpečnostních opatření by byla potřebná, aby k havárii došlo.

"Základní klasifikace" je tak stanovena s přihlédnutím k maximálním možným následkům a počtu a účinnosti bezpečnostních opatření, které jsou (zůstávají) k dispozici.

Aby bylo možné započít základní "přídavné faktory", je zvažováno i zvyšování "základní klasifikace". Toto zvýšení započte ty aspekty události, které mohou naznačovat hlubší degradaci (větší poškození) jaderného zařízení nebo organizačního uspořádání v tomto zařízení. Uvažovanými faktory jsou poruchy se společnou příčinou (CMF – common cause failures), procesní nedostatky a záležitosti kultury bezpečnosti. Takové faktory nejsou zahrnuty v základní klasifikaci a mohou znamenat, že významnost události, s ohledem na ochranu do hloubky, je vyšší, než je uvažována v základní klasifikaci procesu. Aby byla veřejnosti oznámena skutečná významnost události, je zvažováno zvýšení klasifikace o jeden stupeň.

Při klasifikaci události by měly být sledovány následující kroky:

- (1) Horní hranice pro klasifikaci podle ochrany do hloubky musí být stanovena s ohledem na maximální možné radiační následky (tj. maximální možná klasifikace pro příslušnou činnost v tomto zařízení je založena na kritériích uvedených v Oddílech 2 a 3). Další návod na stanovení maximálních možných důsledků je uveden v Oddíle 6.2.1.
- (2) Základní klasifikace by pak měla být stanovena s přihlédnutím k počtu a účinnosti bezpečnostních opatření, která jsou (zůstávají) k dispozici (hardware a administrativní opatření). Při určování (identifikování) počtu a účinnosti těchto opatření, je důležité vzít v úvahu dobu, která je k dispozici, a čas potřebný k identifikaci a provedení vhodných nápravných opatření. Další návod na posouzení bezpečnostních opatření, je uveden v Oddíle 6.2.2.
- (3) Konečná klasifikace by měla být stanovena s uvažováním toho, zda by základní klasifikace měla být zvýšena v důsledku přídavných faktorů, jak je popsáno v Oddíle 6.2.4. Nicméně, konečná klasifikace musí zůstat stále pod horní hranicí klasifikace dle ochrany do hloubky, stanovené v (1).

Je zřejmé, že stejně jako úvaze události dle koncepce ochrany do hloubky, musí být každá událost rovněž podrobena úvaze podle kritérií v Oddílech 2 a 3.

## 6.2. DETAILNÍ NÁVOD PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ

### 6.2.1. Určení maximálních možných následků

Jak je výše uvedeno, inventář radioaktivních látek a časový sled jednotlivých událostí v zařízeních, na něž se vztahuje INES, se velmi liší. Proces klasifikace uvádí tři kategorie maximálních možných následků: Stupně 5-7, Stupně 3-4 a Stupně 1-2.

Při posuzování Stupně INES pro maximální potenciální (možné) důsledky by měly být vzaty v úvahu tyto obecné zásady (principy):

- každá lokalita může obsahovat mnoho jaderných zařízení s řadou úkolů, prováděných v každém z těchto zařízení. Proto by měla být maximálně možná klasifikace specifická pro konkrétní typ zařízení, v němž k události došlo a typ operací, prováděných v době události. Nicméně, maximální možné důsledky nejsou specifické pro událost, ale platí pro soubor operací (činností) na zařízení
- je třeba uvážit jak inventář (radioaktivních produktů), který by se mohl uplatnit v události, tak fyzikální a chemické vlastnosti dotyčných látek a mechanismy, dle kterých by mohla být rozptýlena aktivita
- pozornost by se neměla zaměřovat na scénáře, uvažované při ověřování bezpečnosti zařízení, ale měla by uvážit fyzicky možné havárie, kde všechna bezpečnostní opatření, vztahující se k události, jsou nedostatečná
- při zvažování důsledků, spojených s ozářením pracovníka, by měly být maximální možné následky obecně založeny na dávce pro jednotlivce, protože je velmi nepravděpodobné, že z několika pracovníků by všichni byli vystaveni nejvyšší věrohodné úrovni ozáření.

Tyto zásady lze ilustrovat na následujících příkladech:

- (1) Pro události spojené s údržbou blokovacího zařízení vstupu do kobek, by pravděpodobně mohly být maximální možné následky spojené s neplánovaným ozářením pracovníka. Pokud je úroveň záření dostatečně vysoká, aby vyvolala deterministické účinky nebo smrt, a jestliže došlo ke vstupu do kobky a nebyla přijata žádná zmírňující opatření, pak klasifikace maximálních možných následků je Stupeň 3 nebo Stupeň 4 (dle kritéria jednotlivých dávek v Oddíle 2.3).
- (2) Pro události na malých výzkumných reaktorech (o výkonu cca 1 MW nebo méně) - přestože existují mechanismy pro fyzické rozptýlení významného podílu inventáře (buď při událostech s kritičností, či při ztrátě chlazení paliva), celkový inventář je takový, že klasifikace maximálních možných následků by neměla být vyšší než Stupeň 4, i kdyby selhala všechna bezpečnostní opatření.
- (3) Pro událost v průběhu odstavení jaderné elektrárny jsou inventář a fyzikální mechanismy, které existují pro rozptýlení značné části uvedeného inventáře (při ztrátě chlazení nebo událostech spojených s kritičností) takové, že klasifikace maximálních možných důsledků by mohla překročit Stupeň 4, pokud selžou všechna bezpečnostní opatření.
- (4) Pro zařízení na přepracování paliva a jiná zařízení na zpracování plutoniových sloučenin, jsou inventář a fyzikální mechanismy, které existují pro rozptýlení značné části uvedeného inventáře (buď prostřednictvím událostí s kritičností, při chemické explozi nebo požáru) takové, že klasifikace maximálních potenciálních (možných) následků by mohla překročit Stupeň 4, pokud selžou všechna bezpečnostní opatření.
- (5) Pro výrobu uranového paliva a u zařízení na obohacování mohou mít úniky chemické a radiační bezpečnostní aspekty. Je třeba zdůraznit, že chemické riziko, které představuje toxicita fluoru a uranu, převažuje nad radiačním rizikem. INES se však vztahuje pouze na ocenění radiačního nebezpečí. Nejsou tudíž při uvolnění uranu nebo jeho sloučenin myslitelné žádné závažné důsledky přesahující klasifikaci na Stupni 4
- (6) Pro urychlovače by mohly být maximální možné následky spojené s neplánovaným ozářením jednotlivce. Pokud je úroveň záření dostatečně vysoká, aby vyvolala

deterministické účinky nebo smrt v případě vstupu do vyhrazených prostor, pak klasifikace maximálních možných následků je Stupeň 3 nebo Stupeň 4 (dle kritéria dávky pro jednotlivce v Oddíle 2.3).

- (7) Pro záříče bude většina událostí spojena s neplánovanými dávkami ozáření. Jestliže potenciální úroveň záření, v případě selhání všech ochranných opatření, bude dostatečně vysoká, aby vyvolala deterministické účinky nebo smrt, pak klasifikace maximálních možných následků je Stupeň 3 nebo Stupeň 4 (dle kritéria dávek pro jednotlivce v Oddíle 2.3). Pro události v zařízeních se zdroji 1. kategorie, které mají bezpečnostní systémy určené zabránit rozptýlení radioaktivních látek (např. systémy požární ochrany), může být potenciální únik dostatečně velký, aby maximální potenciální důsledky byly klasifikovány Stupněm 5.

## 6.2.2. Určení počtu bezpečnostních vrstev

### 6.2.2.1. Určení bezpečnostních vrstev

Tento Oddíl pokrývá široké spektrum bezpečnostních opatření, používaných v různých zařízeních. Některé z nich mohou být trvalými fyzickými bariérami, jiné se mohou spoléhat na blokovací zařízení, dalšími mohou být aktivní technologické systémy („active engineered systems“), jako jsou chladicí nebo vstřikovací systémy, další mohou být založeny na administrativních opatřeních nebo akcích obsluhujícího (provozního) personálu, které jsou reakcí na poplach. Metodika pro klasifikaci takovýchto událostí, zahrnujících širokou škálu bezpečnostních opatření, by měla rozčlenit bezpečnostní opatření do samostatných a nezávislých skupin bezpečnostních vrstev. Takže když jsou dvě samostatné „indikace“ směřovány přes jediné blokovací zařízení, indikace a blokovací zařízení společně představují jednu bezpečnostní vrstvu. Na druhé straně, pokud chlazení zajišťují dvě oddělená 100% čerpadla, měla by být považována za dvě samostatné bezpečnostní vrstvy, pokud nemají společný neredundantní (bez zálohy) podpůrný systém.

Při zvažování řady bezpečnostních vrstev, je nutné zajistit, aby účinnost (efektivnost) řady samostatných hardwarových vrstev nebyla snížena společným podpůrným systémem nebo společným zásahem obsluhujícího personálu při odezvě na poplach nebo indikace (údaje). V takových případech, ačkoliv existuje několik hardwarových vrstev, může být účinná pouze jedna bezpečnostní vrstva.

Při zvažování administrativních opatření jako bezpečnostních vrstev, je důležité kontrolovat, do jaké míry mohou být tyto samostatné postupy považovány za nezávislé a ověřit, že postup je dostatečně spolehlivý, aby byl považován za bezpečnostní vrstvu. Dostupný čas (resp. časová rezerva) se považuje za čas s významným dopadem na spolehlivost, která může být požadována provozními postupy.

Bezpečnostní vrstvy mohou obsahovat postupy sledování stavu, i když je třeba poznamenat, že samotné sledování stavu neposkytuje bezpečnostní vrstvu. Jsou rovněž vyžadovány prostředky na provedení nápravných opatření.

Je obtížné dát jasnější návod, a přitom musí být nevyhnutelně dáno vyjádření. Obecně se u bezpečnostní vrstvy očekává, že četnost poruchy se blíží  $10^{-2}$ /na jedno vyzvání. Následující seznam předkládá některé příklady bezpečnostních vrstev, aby pomohl při určení počtu nezávislých bezpečnostních vrstev, které mohou být dostupné v závislosti na okolnostech události a projektových a provozních bezpečnostních ověřeních na daném zařízení:



- elektronické osobní dozimetry s alarmem - za předpokladu, že pracovníci jsou vyškoleni v jejich používání, že dozimetr je spolehlivý a personál může a bude náležitě a dostatečně rychle reagovat;
- nainstalované detektory a alarmy záření a/nebo aktivity vzduchu – za předpokladu, že lze prokázat, že jsou spolehlivé a že personál může a bude reagovat přiměřeně a dostatečně rychle;
- přítomnost technika radiační ochrany, který odhalí a upozorní na jakékoliv jiné mimořádné úrovně záření nebo šíření kontaminace;
- opatření pro zjišťování netěsností, jako je kontejnment, které směřuje látky přímo do jímky, vybavené na odpovídající úrovni měřicími přístroji a/nebo alarmem (poplašným zařízením);
- sledování stavu provozními pracovníky k zajištění bezpečných podmínek provozu zařízení, za předpokladu, že frekvence sledování stavu je natolik dostatečná, aby byly identifikovány nedostatky a aby byla spolehlivě provedena požadovaná nápravná opatření;
- ventilační systémy, které usměrňují pohyb vzdušné aktivity zařízením bezpečným a kontrolovaným způsobem;
- stínící dveře a systémy blokování vstupů;
- přirozená ventilace, 'komínový efekt', nebo pasivní chlazení/ventilace;
- činnosti, instrukce nebo postupy, které byly vyvinuty s cílem zmírnit důsledky;
- použití (zaopatření) diverzních (různorodých) systémů za předpokladu, že neexistují společné aspekty v napájecích a řídicích systémech;
- použití (zaopatření) redundancí (záloh), za předpokladu, že neexistuje neredundantní podpůrný systém;
- systémy s inertním plynem jako prostředek pro zmírnění vývinu vodíku v některých zařízeních skladujících radioaktivní odpad.

#### 6.2.2.2. Zádržný systém (*confinement*)

V některých situacích zádržný systém sám o sobě poskytne jednu nebo více bezpečnostních vrstev, ale je ho třeba užívat s opatrností. Jak je vysvětleno v Oddíle 6.2.1, klasifikační proces vyžaduje, aby maximální možné následky byly zařazeny do jedné ze tří kategorií, Stupně 5-7, Stupně 3-4 a Stupně 1-2. Pokud po selhání jiných bezpečnostních opatření úspěšná funkce zádržného systému sníží maximální možné důsledky do nižší kategorie maximálně možných důsledků, měl by být považován za bezpečnostní vrstvu. Na druhé straně, pokud účinek kontejnmentu není dostatečný, aby změnil kategorii maximálně možných důsledků, neměl by být považován za dodatečnou bezpečnostní vrstvu. Například, malý výzkumný reaktor by měl maximálně možné následky Stupně 4, založené na tavení paliva a maximálním úniku. Úspěšná funkce kontejnmentu by nesnížila kategorii maximálně možných následků, protože tavení paliva je již Stupeň 4. Z tohoto důvodu by kontejnment nebyl považován za dodatečnou bezpečnostní vrstvu. Na druhé straně Příklad 52 a Příklad 55 ukazují situace, kdy je vhodné vzít kontejnment v úvahu jako bezpečnostní vrstvu.

### 6.2.2.3. Vysoce integrované bezpečnostní vrstvy

V některých situacích může být k dispozici vysoce integrovaná bezpečnostní vrstva (např. tlaková nádoba reaktoru, nebo bezpečnostní opatření, založené na osvědčeném a přirozeně se vyskytujícím pasivním jevu, jako je konvekční chlazení). Protože u vrstvy je prokázáno, že má extrémně vysokou integritu a spolehlivost, bylo by při použití tohoto návodu v těchto případech zcela nevhodné zacházet s takovou vrstvou stejným způsobem jako s ostatními bezpečnostními vrstvami.

Vysoce integrovaná bezpečnostní vrstva by měla mít všechny tyto vlastnosti:

- bezpečnostní vrstva je navržena tak, aby zvládla všechny projektové chyby, vady, poruchy („design basis faults“), a je explicitně nebo implicitně obsažena v bezpečnostním ověření zařízení tak, že se od ní vyžaduje především vysoká spolehlivost nebo integrita;
- integrita bezpečnostní vrstvy je zajištěna pomocí příslušného monitorování nebo vhodných kontrol nebo inspekcí, a to takových, že jakákoliv degradace integrity je zjištěna;
- jestliže je zjištěna jakákoliv degradace vrstvy, existují zřejmé prostředky, jak se vyrovnat s událostí a provést nápravná opatření, ať už předem určenými postupy nebo tím, že jsou dlouhodobě k dispozici na opravu nebo zmírnění chyby (poruchy).

Příkladem vysoce integrované vrstvy by byla nádoba nebo kobka („vault“). Administrativní opatření by za normálních okolností požadavky vysoké integrity vrstvy nesplňovaly, avšak, jak bylo výše uvedeno, některé provozní postupy mohou být také považovány za vysoce integrované bezpečnostní vrstvy, pokud jsou k dispozici velmi dlouhé časové intervaly pro provedení požadovaných činností a k nápravě chyb obsluhujícím personálem, pokud se vyskytnou, a pokud je k dispozici široký rozsah dostupných činností.

### 6.2.2.4. Čas k dispozici

V některých situacích může být doba k provedení nápravných opatření výrazně vyšší, než je doba potřebná pro tato opatření (činnosti), což může vést k zpřístupnění dodatečných bezpečnostních vrstev. Tyto dodatečné bezpečnostní vrstvy mohou být vzaty v úvahu za předpokladu, že existují postupy pro provedení požadovaných činností. Existuje-li několik takových vrstev, které může učinit operátor účinnými při opatřeních, která jsou reakcí na poplach, nebo indikace (data, návěští), musí být brána v úvahu spolehlivost samotného postupu. Dostupná doba k provedení operace je považována za dobu s významným dopadem na spolehlivost, která může být požadována provozními postupy (viz příklady v Oddíle 6.4.1.)

V některých případech může být dostupná doba taková, že existuje celá řada možných bezpečnostních vrstev, které mohou být zpřístupněny (pohotové), ale podrobné vyhledání každé z nich nebo detaily o tom jak každou z nich zpřístupnit nebyly do postupu zahrnuty, protože nebyly považovány za nutné. V takových případech (pokud existuje řada proveditelných opatření, které by mohly být použity) tato dlouhá dostupná doba sama o sobě poskytuje vysoce spolehlivou bezpečnostní vrstvu.



### 6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace

#### 6.2.3.1. Klasifikační proces

Po zjištění maximálních možných následků a počtu účinných bezpečnostních vrstev, by měla být stanovena základní klasifikace následovně:

- (1) bezpečnostní analýza pro zařízení identifikuje celou řadu událostí, které byly vzaty v úvahu v projektu. Také rozpozná, že u podmnožiny z nich lze rozumně "očekávat", že k nim dojde během doby životnosti zařízení (tj. budou mít frekvenci vyšší než  $1/N$  za rok, kde  $N$  je doba života zařízení). Jestliže vyvolání bezpečnostních opatření, ke kterým při události došlo, byla "očekávaná" událost a bezpečnostní systémy zajištěné ke zvládnutí této události byly plně dostupné před zahájením události a chovaly se podle očekávání, měla by být základní klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0.
- (2) Stejně tak, pokud k žádnému skutečnému vyvolání bezpečnostních opatření nedošlo, ale byla zjištěna jejich degradace, základní klasifikace události by měla být Pod stupnicí/Stupeň 0, pokud degradovaná provozuschopnost bezpečnostních opatření byla stále ještě v rámci povolených limitů.
- (3) Ve všech ostatních případech by k určení základní klasifikace měla být použita Tabulka 11.
  - (a) Jestliže zůstane pouze jedna bezpečnostní vrstva, ale tato bezpečnostní vrstva splňuje všechny požadavky pro bezpečnostní vrstvu s vysokou integritou (Oddíl 6.2.2.3), nebo bezpečnostní vrstvu s vysokou integritou poskytuje dlouhá doba, která je k dispozici (Oddíl 6.2.2.4), byla by vhodnější základní klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0<sup>19</sup>.
  - (b) Je-li doba nedostupnosti bezpečnostní vrstvy velmi krátká ve srovnání s intervalem mezi testy jednotlivých komponent bezpečnostní vrstvy (např. několik hodin pro komponentu s měsíční periodou testování), je třeba uvážit snížení základní klasifikace události

TABULKA 11. KLASIFIKACE UDÁLOSTÍ POMOCÍ BEZPEČNOSTNÍCH VRSTEV

Počet zbývajících bezpečnostních vrstev	Maximální potenciální (možné) následky <sup>a</sup>		
	(1) Stupně 5, 6, 7	(2) Stupně 3, 4	(3) Stupně 2 nebo 1
A Více než 3	0	0	0
B 3	1	0	0
C 2	2	1	0
D 1 nebo 0	3	2	1

<sup>a</sup> Tyto klasifikace nemohou být zvýšeny v důsledku přidavných faktorů, protože jsou již na horní mezi dle koncepce pro ochranu do hloubky

<sup>19</sup> Pokud provozuschopnost (funkčnost) bezpečnostních vrstev byla mimo povolené limity, mohou pokyny dle bodu 6.2 4.3 vést ke klasifikaci Stupeň 1

Tento přístup nevyhnutelně vyžaduje určitá rozhodnutí (úsudek hodnotitele), ale Oddíl 6.3 poskytuje návod pro konkrétní typy událostí a Oddíl 6.4 uvádí některé pracovní příklady, jak využívat přístup bezpečnostních vrstev.

#### 6.2.3.2. Možné (potenciální) události (včetně konstrukčních vad)

Některé události samy o sobě nesnižují počet bezpečnostních vrstev, ale odpovídá jim větší pravděpodobnost snížení. Příkladem jsou objevené konstrukční vady, únik, ukončený díky činnosti provozního personálu, nebo chyby objevené v řízení technologických procesů. Přístup ke klasifikaci těchto událostí je následující. Za prvé, význam potenciální (možné) události by měl být hodnocen za předpokladu, že se skutečně vyskytla s aplikací návodu v Oddíle 6.2.3.1, na základě počtu bezpečnostních vrstev, které by ještě zůstaly. Za druhé, klasifikace by měla být snížena v závislosti na pravděpodobnosti, že potenciální (možná) událost by se mohla vyvinout z události, ke které skutečně došlo. Stupeň, na který by měla být klasifikace snížena, musí být založen na úsudku (rozhodnutí).

Jedním z nejběžnějších příkladů potenciálních (možných) událostí je objevení konstrukčních vad. Očekává se, že program sledování stavu určí konstrukční vady ještě před tím, než se jejich velikost stane nepřijatelnou. Jestliže je vada v takovéto velikosti, pak by bylo vhodné klasifikovat Pod stupnicí/Stupeň 0.

Je-li vada je větší, než se předpokládalo podle programu sledování stavu, je třeba brát pro klasifikaci události v úvahu dva faktory.

Za prvé, by měla být klasifikace potenciální události stanovena za předpokladu, že vada vedla k selhání komponenty, při použití Oddílu 6.2.3.1. Klasifikace potenciální (možné) události, odvozená tímto způsobem, by měla být poté upravena v závislosti na pravděpodobnosti, že vada by vedla k potenciální události, a při zvážení přídavných faktorů zmíněných v Oddíle 6.2.4.

#### 6.2.3.3. Události „Pod stupnicí/Stupeň 0“

Obecně platí, že události by měly být klasifikovány Pod Stupnicí/Stupeň 0 pouze tehdy, jestliže použití výše popsaných postupů nevede k vyšší klasifikaci. Nicméně, pokud žádný z přídavných faktorů zmíněných v Oddíle 6.2.4 není použitelný, pak typickými událostmi, které budeme klasifikovat Pod Stupnicí/Stupeň 0, jsou:

- falešný<sup>20</sup> provoz bezpečnostních systémů, následovaný návratem do normálního provozu, aniž by byla ovlivněna bezpečnost zařízení;
- nevýznamná degradace bariér (míra úniku je menší než povolené limity);
- jednoduché poruchy nebo neprovozní schopnost komponenty v redundantním systému, zjištěné během plánované pravidelné kontroly nebo testu (zkoušky).

#### 6.2.4. Zvážení přídavných faktorů

Zvláštní aspekty mohou současně ohrozit různé vrstvy ochrany do hloubky a mohou být v důsledku toho považovány za přídavné faktory, které mohou odůvodnit, že událost má být klasifikována o jeden stupeň výše, než byla klasifikace vyplývající z předchozího návodu.

Hlavní přídavné faktory, které takto působí, jsou:

<sup>20</sup> Falešná činnost by v tomto ohledu zahrnovala provoz bezpečnostního systému v důsledku selhání kontrolního systému, odchylky přístroje nebo individuální lidské chyby. Avšak aktivace (vedení do činnosti) bezpečnostního systému, iniciovaná změnami fyzikálních parametrů, které byly způsobeny neočekávanými činnostmi někde v elektrárně, by neměly být považovány za falešnou iniciaci bezpečnostního systému.

- poruchy se společnou příčinou;
- nedostatky postupů;
- otázky kultury bezpečnosti.

Díky takovýmto faktorům je možné, aby událost byla klasifikována AStupněm 1, i když sama o sobě nemá bezpečnostní význam, když tyto přídavné faktory nebereme v úvahu.

Při posuzování navýšení základní klasifikace v důsledku těchto faktorů je třeba uvážit následující aspekty:

- (1) pro všechny další faktory je povoleno zvýšit klasifikaci události pouze o jeden stupeň.
- (2) některé z výše uvedených faktorů mohou už být zahrnuty do základní klasifikace (např. porucha se společnou příčinou). Je proto důležité dbát, aby takové poruchy nebyly započteny dvakrát.
- (3) Klasifikace události by se neměla zvýšit nad horní hranici, odvozenou dle Oddílu 6.2.1, a tato horní hranice by měla být použita pouze na ty situace, kdy došlo k další události (buď událost očekávaná během životnosti elektrárny nebo selhání další komponenty), a nastala by havárie.

#### 6.2.4.1. Poruchy se společnou příčinou

Porucha se společnou příčinou je porucha funkce (selhání) několika komponent nebo zařízení, v důsledku jediné specifické události nebo příčiny. Především může způsobit selhání zálohovaných komponent nebo zařízení určených k plnění stejné bezpečnostní funkce. To může znamenat, že spolehlivost celé bezpečnostní funkce je mnohem nižší, než se očekává.

Závažnost události, týkající se komponenty, která je označena (rozpoznána) jako potenciální porucha se společnou příčinou a tak ovlivňuje jiné podobné komponenty, je proto větší, než závažnost události zahrnující náhodnou poruchu takovéto komponenty

Pro změnu klasifikace na základě poruchy se společnou příčinou mohou být také uvažovány události, při nichž dojde k obtížím při provozování některých operačních systémů, které jsou způsobeny chybějící nebo zavádějící informací.

#### 6.2.4.2. Nedostatky v postupech

V důsledku nedostatků v postupech může dojít k současnému ohrožení několika bezpečnostních vrstev ochrany do hloubky. Takové nedostatky v postupech jsou tudíž možným důvodem pro zvýšení základní klasifikace události.

#### 6.2.4.3. Události s důsledky na kulturu bezpečnosti

Bezpečnostní kultura je definována jako "soubor vlastností a postojů v organizaci a jednotlivců, který stanoví, že prvořadé je věnovat ochraně a bezpečnosti pozornost zaručenou jejich významem". Dobrá kultura bezpečnosti přispívá k předcházení nehodám, ale na druhé straně by nedostatek kultury bezpečnosti mohl u provozního personálu vést k provozování, které není v souladu s předpoklady projektu. Kulturu bezpečnosti je proto třeba považovat za součást ochrany do hloubky, a následně by problémy kultury bezpečnosti mohly být důvodem (ospravedlnit) zvyšování klasifikace události o jeden stupeň (o kultuře bezpečnosti poskytuje další informace INSAG 4 [7]).

Aby si klasifikace vzhledem k otázce kultury bezpečnosti zasloužila zvýšení, musí být událost považována za skutečný ukazatel (indikátor) problému s kulturou bezpečnosti.

### ***Porušení povolených limitů***

Jedním z nejsnadněji definovaných ukazatelů problému s kulturou bezpečnosti je porušení povolených limitů, které mohou být také LaP .

V mnoha zařízeních zahrnují povolené limity minimální funkčnost bezpečnostních systémů takovou, aby provoz zůstal v rámci bezpečnostních požadavků na zařízení (elektrárny). Povolené limity mohou rovněž zahrnovat provoz s omezenou dostupností bezpečnostního systému po omezenou dobu. V některých zařízeních jsou povolené limity uvedeny v „Technických specifikacích“ a navíc při událostech, kdy požadavky nejsou splněny, popisují „Technické specifikace“ opatření, která mají být přijata (včetně časů umožňujících obnovu), a příslušný nouzový stav.

Zůstane-li provozní personál ve stavu snížené pohotovosti déle než je povolený čas (definovaný v „Technických specifikacích“), nebo v případě, že jejich úmyslné (záměrné) jednání vede k pohotovosti zařízení (elektrárny), která je mimo limity povolené státem, je třeba uvážit zvýšení základní klasifikace události vzhledem k otázkám kultury bezpečnosti.

Pokud je zjištěno, že dostupnost systému je nižší než dovolují povolené limity (např. po rutinním testu), ale provozní personál neprodleně přijal vhodná opatření k návratu do bezpečného stavu elektrárny v souladu s „Technickými specifikacemi“, měla by být událost klasifikována tak, jak je popsáno v Oddíle 6.2.3.1, ale klasifikace by neměla být zvyšována, protože byly dodržovány požadavky „Technických specifikací“.

Kromě formálních povolených („autorizovaných“) limitů, uvádějí některé země ve svých „Technických specifikacích“ další požadavky, jako jsou například limity, které se týkají dlouhodobé bezpečnosti komponent. Pro události, kde jsou tyto limity překročeny jen na krátkou dobu, může být vhodnější klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0.

Pro odstavené reaktory, budou opět „Technické specifikace“ stanovovat minimální požadavky na pohotovost (dostupnost), ale obecně nebudou specifikovat časy obnovy nebo návratu do původních stavů, protože není možné určit bezpečnější stav. Požadavkem však bude obnovení původního stavu elektrárny co nejdříve. Snížení pohotovosti elektrárny níže, než je požadováno „Technickými specifikacemi“, by nemělo být považováno za porušení povolených limitů, když nejsou překročeny časové limity.

### ***Další otázky kultury bezpečnosti***

Další příklady indikátorů (ukazatelů) nedostatků v kultuře bezpečnosti by mohly být:

- porušení postupu, bez předchozího schválení;
- nedostatky v procesu zajišťování kvality (QA);
- akumulace lidských chyb;
- ozáření jednotlivého obyvatele při jedné události, které převyšuje stanovené roční dávkové limity;
- kumulativní ozáření pracovníků nebo jednotlivých obyvatel, převyšující stanovené roční dávkové limity;
- ztráta náležité kontroly nad radioaktivními látkami, včetně výpustí do životního prostředí, rozšíření kontaminace nebo selhání systému kontroly dávek;

- opakování události, pokud existuje důkaz, že provozovatel nevěnoval odpovídající péči tomu, aby zajistil poučení ze získaných poznatků nebo přijetí nápravných opatření po první události.

Je důležité si uvědomit, že cílem tohoto návodu není iniciovat (vyvolat) dlouhé a podrobné posouzení, ale uvážít, zda existuje okamžité posouzení, které může být uděáno prostřednictvím klasifikace události. Často je obtížné zjistit bezprostředně po události, zda by měla být událost překlasifikována z důvodů kultury bezpečnosti. V tomto případě by měla být připravena prozatímní klasifikace na základě toho, co je v daném okamžiku známo, a konečná klasifikace by pak měla vzít v úvahu dodatečné informace, týkající se kultury bezpečnosti, které vyplynuly z podrobného vyšetřování.

## 6.3 NÁVOD K POUŽITÍ PŘÍSTUPU BEZPEČNOSTNÍCH VRSTEV PRO SPECIFICKÉ TYPY UDÁLOSTÍ

### 6.3.1. Události zahrnující selhání chladících systémů při odstavení reaktoru

Většina bezpečnostních systémů reaktoru byla navržena proto, aby se vyrovnala s iniciátory, vyskytujícími se během provozu reaktoru na výkonu. Události při horkém odstavení či podmínky při spouštění jsou událostem při provozu reaktoru na výkonu velmi podobné a měly by být klasifikovány s použitím Oddílu 5. Jakmile je reaktor odstaven, jsou některé z těchto bezpečnostních systémů stále ještě nezbytné k zajištění bezpečnostních funkcí, ale obvykle je k dispozici více času. Na druhé straně, může být tento čas pro manuální činnosti nahrazen částí bezpečnostních opatření ve smyslu redundance a diverzity (rozmanitosti) (tj. v závislosti na stavu zařízení, může v určitých obdobích chladného odstavení být snížení redundance bezpečnostního vybavení a/nebo bariéry přijatelné). V takových podmínkách odstavení jsou konfigurace bariéry někdy i zcela odlišné (např. otevřený primární chladicí systém nebo otevřený kontejnment). Právě z těchto důvodů je pro odstavené reaktory používán ke klasifikaci událostí alternativní přístup (tj. přístup bezpečnostních vrstev).

Mezi hlavní faktory ovlivňující klasifikaci patří počet chladících smyček, dostupná doba pro nápravná opatření a integrita všech potrubí pro chladicí nádoby. Některé příklady, týkající se tlakovodních reaktorů při studeném odstavení, jsou uvedeny v Oddíle 6.4.1 (příklad 41 až příklad 46) a dávají návod pro klasifikaci událostí dle přístupu bezpečnostních vrstev. U jiných typů reaktorů bude k hodnocení takovýchto událostí nutné jako názorný návod použít výše uvedené, společně s Oddílem 6.2.

### 6.3.2. Události zahrnující poruchy v chladících systémech ovlivňujících bazén vyhořelého paliva

Radioaktivní inventář bazénu vyhořelého paliva může být po několika letech provozu vysoký. V tomto případě může mít klasifikace událostí, které mají vliv na bazén vyhořelého paliva, s ohledem na dopad ochrany do hloubky, rozpětí v plném rozsahu až do Stupně 3.

Vzhledem k velké zásobě vody a srovnatelně nízkému zbytkovému (rozpadovému) teplu, je většinou k dispozici dost času pro nápravná opatření, která mohou být při události přijata v souvislosti s nedostatečným („degradation“) chlazením bazénu vyhořelého paliva. Toto platí i pro ztrátu chladiva z bazénu vyhořelého paliva, protože únik z bazénu je omezen projektem. V tomto případě selhání chladicího systému bazénu vyhořelého paliva po dobu několika hodin nebo únik chladiva nebudou mít obvykle vliv na vyhořelé palivo.



Menší porucha (degradace) chladicího systému bazénu nebo drobné úniky by proto měly být klasifikovány zpravidla Pod stupnicí/Stupeň 0.

Provoz mimo LaP nebo podstatné zvýšení teploty nebo pokles hladiny chladiva v bazénu vyhořelého paliva by měly být klasifikovány jako Stupeň 1.

Indikací Stupně 2 by mohl být vznik a rozšíření varu chladiva nebo obnažení (odkrytí) palivových článků. Podstatné odhalení palivového elementu (proutku) jasně ukazuje na Stupeň 3.

### 6.3.3. Kontrola (ovládání) kritičnosti

Chování kritického systému a jeho radiační následky jsou silně závislé na fyzikálních podmínkách a charakteristikách (vlastnostech) systému. V homogenních „štěpných roztocích“ je možný počet štěpení, úroveň výkonu při vzniku (exkurzi) kritičnosti a možné následky vzniku (exkurze) kritičnosti těmito charakteristikami (vlastnostmi) omezen. Zkušenosti s exkurzí (vznikem) kritičnosti ve „štěpném roztoku“ ukazuje, že celkový typický počet štěpení je řádu  $10^{17}$ - $10^{18}$ .

Heterogenní kritické systémy, jako jsou mříže palivových tyčí, nebo suché pevné kritické systémy, mají potenciál pro vysoké výkonové píky, které vedou k výbušnému (explozivnímu) uvolnění energie a uvolnění velkého množství radioaktivních látek v důsledku podstatného poškození zařízení. Pro taková zařízení by mohly maximální možné důsledky překročit Stupeň 4.

Pro ostatní zařízení je hlavním nebezpečím z exkurze kritičnosti ozáření pracovníků v důsledku vysokých polí záření gama a neutronů. Druhým důsledkem může být uvolnění radioaktivních štěpných produktů s krátkým poločasem rozpadu do atmosféry a možnost závažné kontaminace uvnitř zařízení. Pro tyto dva scénáře by byly maximální možné důsledky na Stupni 3 nebo 4.

V souladu s obecným návodem:

- menší odchylky od „bezpečnostně-kritického“ režimu, které jsou v rámci povolených limitů, by měly být klasifikovány Pod stupnicí/Stupeň 0.
- provoz mimo povolené limity by měl být klasifikován alespoň Stupněm 1.
- událost, kde by došlo události s kritičností, pokud by došlo ještě k jednomu selhání bezpečnostních opatření anebo byly mírně odlišné podmínky, by měla být pro zařízení s maximálními možnými následky Stupně 3 nebo 4 klasifikována Stupněm 2. Pokud by maximální možné následky mohly být na Stupni 5 nebo vyšším, měla by být událost klasifikována Stupněm 3.

Zůstává-li více než jedna bezpečnostní vrstva, pak by bylo vhodné klasifikovat nižším Stupněm a pro určení příslušné kvalifikace by měla být použita Tabulka 11.

### 6.3.4. Nepovolený únik nebo šíření kontaminace

Jakákoliv událost zahrnující přenos radioaktivních látek, která má za následek vyšší úroveň kontaminace, než je vyšetřovací úroveň v tomto prostoru, může opravňovat klasifikaci Stupněm 1, na základě (otázek) kultury bezpečnosti (Oddíl 6.2.4 "neschopnost udržet kontrolu nad radioaktivními látkami"). Úroveň kontaminace přesahující povolené limity pro daný prostor by měly být klasifikovány na Stupněm 1. Významnější nedostatky v bezpečnostních opatřeních by měly být klasifikovány s uvážením maximálních možných



následků, když by všechna bezpečnostní opatření selhala a zbývala řada bezpečnostních vrstev.

Porušení povolení k vypouštění by měla být klasifikována alespoň Stupněm 1.

### 6.3.5. Kontrola dávek

Občas může nastat situace, kdy radiační kontrolní postupy a manažerská opatření jsou nedostatečná, a pracovníci jsou neplánovaně ozáření (interně a externě). Takové události mohou ospravedlnit klasifikaci Stupněm 1, na základě Oddílu 6.2.4 ("neschopnost udržet kontrolu nad radioaktivními látkami"). Pokud má událost za následek kumulativní dávku ozáření větší než jsou povolené limity, měla by být událost klasifikována alespoň Stupněm 1 jako porušení povolených limitů.

Obecně by návod v Oddíle 6.2.4 neměl být použit k překlasifikování události související se selháním kontroly dávek ze základní klasifikace na Stupni 1. Jinak by události, kde bylo dávkové zabráněno, měly být klasifikovány na stejném Stupni jako ty, kde se skutečně významné dávky, vyšší než dávkové limity, vyskytly. Stupeň 2 by však byl vhodný podle ochrany do hloubky, pokud by zůstala k dispozici jedna nebo žádná bezpečnostní vrstva, a maximální možné následky by dosáhly Stupně 3 nebo 4 při selhání bezpečnostních opatření.

### 6.3.6. Blokovací zařízení dveří do stíněných uzavřených prostor („enclosures“)

Neúmyslnému vstupu do normálně stíněných prostorů je obecně bráněno použitím blokovacího systému na vstupních dveřích aktivovaného zářením, využíváním postupů s povolováním vstupu a předvstupní kontrolou dávkového příkonu.

Selhání blokovací ochrany stínících dveří může vzniknout v důsledku ztráty napájení elektrickou energií a/nebo vadou detektoru(ů), nebo připojených (souvisejících) elektronických zařízení, nebo lidskou chybou.

Protože maximální možné následky takových událostí se omezují na Stupeň 4, měly by být události, kde další selhání bezpečnostních opatření by mělo za následek havárii, klasifikovány na Stupněm 2. Události, kde některá opatření selhala, ale dodatečné bezpečnostní vrstvy zůstanou, včetně administrativních opatření určujících povolení ke vstupu, by měla být obecně klasifikována na Stupni 1.

### 6.3.7. Selhání odsávací ventilace, filtrace a čistících systémů

V zařízeních, kde se pracuje se značným množstvím radioaktivních látek mohou existovat až tři samostatné, ale vzájemně propojené odsávací ventilační systémy. Ty udržují tlakový gradient mezi různými nádobami, komorami nebo rukavicovými boxy a provozními prostory, a stejně tak i odpovídající průtokovou rychlost přes otvory v hraniční stěně provozního prostoru komory, aby se zabránilo zpětnému šíření (difuzi) radioaktivních látek. Kromě toho jsou k dispozici čistící systémy, jako jsou vysokoúčinné aerosolové (HEPA) filtry nebo odlučovače, které omezují vypouštění do ovzduší pod předem definované limity a zabraňují zpětnému šíření do prostorů s nižší aktivitou.

Prvním krokem při klasifikaci událostí, spojených se ztrátou těchto systémů, by mělo být určení maximálních možných následků při selhání všech bezpečnostních opatření. Měl by se uvážit inventář látek a možné prostředky k jejich rozptýlu uvnitř i vně objektu zařízení. Je také nutné uvážit možnost poklesu koncentrace inertních plynů nebo vytvoření výbušných směsí. Ve většině případů, kromě možného výbuchu, je

nepravděpodobné, že by maximální potenciální důsledky překročily Stupeň 4, a proto by dle ochrany do hloubky byl maximem Stupeň 2.

Druhým krokem je určit počet zbývajících bezpečnostních vrstev, včetně postupů, zabraňujících vzniku další aktivity po ukončení prací.

Klasifikace těchto událostí je ilustrována Příkladem 52 v Oddíle 6.4.2.

### 6.3.8. Události s manipulacemi a pády těžkých břemen

#### 6.3.8.1. Události nezahrnující palivové soubory

Dopad událostí s manipulacemi nebo selháním zdvihacích zařízení závisí na dotčeném materiálu, prostoru, kde k události došlo, a zařízení, které bylo nebo mohlo být ovlivněno.

Události, kde spadl náklad a hrozí úniky a rozptýlení radioaktivních látek (ať už z nákladu samotného nebo z postižených potrubí nebo nádob), by měly být klasifikovány s uvážením maximálních možných následků a pravděpodobnosti, že by takové rozptýlení (rozlití) mohlo nastat. Události, kde spadlý náklad způsobuje jen menší škody (omezené poškození), ale kde byla poměrně (relativně) vysoká pravděpodobnost způsobení horších důsledků, by měly být klasifikovány nejvyšším stupněm podle ochrany do hloubky, odpovídajícímu maximálním možným důsledkům. Podobně události, při nichž poškození bránila pouze jedna bezpečnostní vrstva, by také měly být klasifikovány nejvyšším (maximálním) stupněm, pokud tato vrstva není považována za vrstvu se zvláště vysokou spolehlivostí nebo integritou.

Události, kde je pravděpodobnost nižší nebo kde existují dodatečné bezpečnostní vrstvy, by měla být klasifikována na základě návodu v Oddíle 6.2.

Události s malou manipulací, které by se daly očekávat v průběhu životnosti zařízení, by měly být klasifikovány Pod stupnicí/Stupeň 0.

#### 6.3.8.2. Události při manipulaci s palivem

Události, při manipulaci s neozářenými uranovými palivovými elementy se žádným významným důsledkem na manipulaci s ozářeným (vyhořelým) palivem, by měly být typicky klasifikovány Pod stupnicí/Stupeň 0, pokud neexistovalo žádné riziko poškození vyhořelého paliva nebo zařízení souvisejícího s bezpečností.

Pro ozářené palivo, kde inventář (radioaktivní) jednoho palivového elementu je mnohem nižší než inventář bazénu vyhořelého paliva nebo aktivní zóny, jsou i maximální možné důsledky menší.

Dokud je zaručeno chlazení vyhořelého palivového elementu, poskytuje tento element důležitou bezpečnostní vrstvu, protože integrita palivové matrice nebude narušena přehřátím. Obecně platí, že s přehřátím paliva budou spojeny velmi dlouhé doby. V závislosti na uspořádání elektrárny (konfiguraci zařízení), bude ve většině případů poskytovat bezpečnostní vrstvu rovněž kontejnment.

Události očekávané v průběhu životnosti zařízení (elektrárny), které nemají vliv na chlazení vyhořelého palivového elementu, a mají za následek pouze menší nebo žádný únik, by měly být obvykle klasifikovány Pod stupnicí/Stupeň 0.

Stupeň 1 by měl být uvažován pro události, které:

- se nepředpokládají po dobu životnosti zařízení;
- zahrnují provoz mimo povolené limity;

- zahrnují omezený pokles (degradaci) chlazení, které nemá vliv na integritu palivových proutků;
- zahrnují mechanické poškození integrity palivového proutku bez zhoršení (degradace) chlazení.

Stupeň 2 může být vhodný pro události, při nichž dojde k poškození integrity palivového proutku v důsledku značného ohřátí palivového elementu.

### 6.3.9. Ztráta elektrického napájení

V mnoha zařízeních je často nutné zajistit zaručené napájení elektrickou energií s cílem zajistit jejich další bezpečný provoz a udržet pohotovost monitorovacího zařízení a přístrojů sledování stavu. K prevenci proti poruše se společnou příčinou se užívá několik nezávislých elektrických napájecích tras a diverzní (rozmanité) napájecí zdroje (prostředky). Při celkové ztrátě elektrického napájení se většina zařízení automaticky vypne do podmínek bezpečném stavu, v některých zařízeních však budou k dispozici dodatečná bezpečnostní opatření, jako je například využití generátorů s inertními plyny nebo záložních generátorů.

Pro klasifikaci událostí, zahrnujících ztrátu vnějších zdrojů energie nebo selhání systémů vnitřního napájení, je třeba použít návod v Oddíle 6.2, s přihlédnutím k rozsahu zbývajících zdrojů, doby, po kterou byly zdroje nedostupné a k maximálním možným následkům. Obzvláště důležité je brát v úvahu, jaké časové zpoždění je přijatelné před obnovením zdrojů.

U některých zařízeních nebude negativní vliv na bezpečnost i při úplné ztrátě napájení trvající několik dní, a pro takové události na těchto zařízeních by obecně měla být klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0 nebo Stupeň 1, protože by mělo být pro obnovení dodávky v rámci dostupného času k dispozici více prostředků. Stupeň 1 by byl vhodný v případě, že pohotovost bezpečnostních systémů byla mimo povolené limity.

Částečná ztráta elektrické energie nebo ztráta elektrické energie z normální sítě s dostupným napájením ze záložních systémů se v době života zařízení "očekává", a proto by měly být klasifikovány Pod Stupnicí/Stupeň 0.

### 6.3.10. Požáry a výbuchy

Požár nebo výbuch uvnitř nebo v blízkosti zařízení, které nemají schopnost vyloučit (degradovat) jakákoliv bezpečnostní opatření, by buď nebyly na stupnici INES klasifikovány nebo by byly klasifikovány Pod stupnicí/Stupeň 0. Požáry, které uhasily instalované ochranné systémy, které fungovaly dle projektu, by měly být hodnoceny podobně.

Význam požárů a výbuchů v zařízeních nezávisí jen na dotčeném materiálu, ale závisí také na umístění a snadnosti, s jakou může být hašení požáru provedeno. Klasifikace závisí na maximálních možných následcích, stejně jako na počtu a účinnosti zbývajících bezpečnostních vrstev, včetně protipožárních bariér, systémů hašení (k potlačení požáru) a oddělených bezpečnostních systémů. Účinnost zbývajících bezpečnostních vrstev by měla brát v úvahu pravděpodobnost, že by mohly být poškozeny (degradovány).

Jakýkoliv požár nebo výbuch, zahrnující nízkoaktivní odpady, by měl být klasifikován Stupněm 1 z důvodu nedostatků v postupech nebo problémech s kulturou bezpečnosti.

### 6.3.11. Vnější nebezpečí

Výskyt vnějšího rizika, jako jsou externí požáry, záplavy (povodně), tsunami, vnější výbuchy (exploze), hurikány, tornáda nebo zemětřesení, může být klasifikován stejně jako jiné události, s uvažováním účinnosti zbývajících bezpečnostních opatření.

Pro události zahrnující poruchy v systémech výhradně určených pro ochranu proti rizikům, by měl být oceněn počet bezpečnostních vrstev, zahrnující pravděpodobnost rizika v době, kdy byl systém nedostupný. Pro většinu zařízení, vzhledem k očekávané nízké četnosti těchto rizik, je nepravděpodobné, že by byla vhodná klasifikace větší než Stupeň 1.

### 6.3.12. Poruchy v chladících systémech

Poruchy v základních chladících systémech mohou být klasifikovány podobnou cestou, jako poruchy elektrických systémů s tím, že vezmeme v úvahu maximální potenciální následky, počet zbývajících bezpečnostních vrstev a časové zpoždění, které je přijatelné vzhledem k požadovanému termínu obnovy (restaurování) chlazení.

V případě poruch v chladících systémech vysokoaktivních kapalných odpadů nebo skladu plutonia bude pro události, kde během významného časového období zůstává pouze jedna bezpečnostní vrstva, pravděpodobně vhodná klasifikace Stupněm 3

## 6.4. PRACOVNÍ PŘÍKLADY

### 6.4.1. Události s odstavením reaktoru

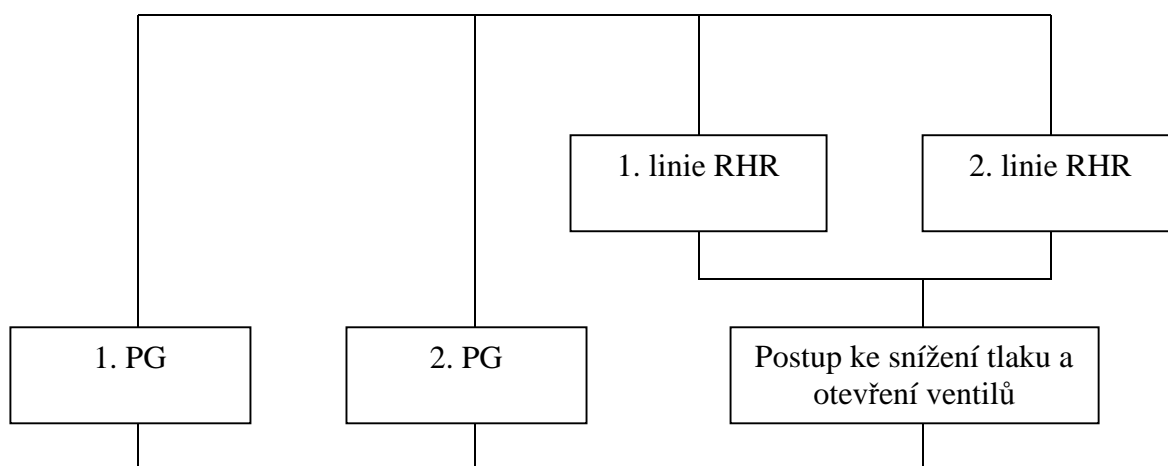
#### **Příklad 41. Ztráta chlazení při odstavení v důsledku zvýšení tlaku chladiva – Pod stupnicí/Stupeň 0**

##### *Popis události*

Dochlazování při odstavení probíhalo s oběhem chladiva přes dva výměníky tepla pro odvod zbytkového tepla (RHR) a přes samostatná sací potrubí, každé se dvěma izolačními ventily. Ventily v každém potrubí byly řízeny odděleně tlakovým převodníkem a byly ovládány z blokové dozorny. Primární okruh byl uzavřen. Parní generátory byly rovněž k dispozici a zajišťovaly, aby jakékoliv zvýšení teploty při ztrátě RHR bylo velmi pomalé. Bezpečnostní vstřikování nebylo k dispozici, čerpadla vysokotlakého vstřikovacího (bezpečnostního) systému (HPSI) jsou oddělena od doplňovacích (charging) čerpadel. Odlehčovací (přepouštěcí, pojistné – „relief“) ventily pro kontrolu tlaku primárního okruhu byly k dispozici

Bezpečnostní opatření jsou znázorněna na Obr. 1.

Událost se stala při zvýšení tlaku chladiva, způsobeném uzavřením izolačních ventilů. Výstražné signály (alarmy) v blokové dozorně oznámily provoznímu personálu uzavření ventilů a pro snížení tlaku byly tyto ventily znovu otevřeny. Teploty nevzrostly nad limity dané Provozními limity a podmínkami.



Obr. 1. Ilustrace bezpečnostních opatření pro Příklad 41.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximální možné důsledky pro událost spojenou s odstavením energetického reaktoru jsou Stupně 5-7
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Existovaly čtyři „hardwarové vrstvy“, které umožnily, aby parogenerátory zůstaly v pohotovosti, na požadované kroky bylo dost času, dostatečného i pro provedení požadovaných oprav systému RHR. V důsledku toho, že byly k dispozici dlouhé lhůty, postup opětného otevření ventilů může být považován za spolehlivější než „jedna vrstva“, a všechny čtyři vrstvy mohou být považovány za nezávislé
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Na základě Tabulky 11 je klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0.
Celková klasifikace:	Pod stupnicí/Stupeň 0

**Příklad 42. Ztráta chlazení při odstavení z důvodu falešného působení tlakových senzorů – Pod Stupnicí/Stupeň 0***Popis události*

Dochlazování při odstavení probíhalo s oběhem chladiva přes výměník tepla pro odvod zbytkového tepla (RHR) a přes samostatné sací potrubí se dvěma izolačními ventily. Ventily byly ovladatelné z blokové dozorny. Primární okruh byl otevřen a zaplaven (se zatopenou dutinou). Reaktor byl vypnut po dobu jednoho týdne, takže jakékoli zvýšení

teploty chladiva by bylo velmi pomalé. Parní generátory byly otevřeny pro provedení prací, takže nebyly k dispozici. Bezpečnostní vstřikování nebylo k dispozici, čerpadla pro vysokotlaké vstřikování páry (HPSI) byla oddělena od doplňovacích čerpadel a pro kontrolu tlaku primárního okruhu byly k dispozici pojistné ventily.

Událost vznikla po falešném zafungování tlakových senzorů, které způsobily uzavření izolačních (oddělovacích) ventilů. Výstražné signály (alarmy) v blokové dozorně, oznámily provoznímu personálu uzavření ventilů a po kontrole, že vzrůst tlaku byl falešný signál, byly tyto ventily znovu otevřeny. Teploty nevzrostly nad limity dané Provozními limity a podmínkami; k dosažení provozních limitů bylo potřeba 10 hodin.

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximální možné důsledky pro událost spojenou s odstavením energetického reaktoru jsou Stupně 5-7
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	<p>Vzhledem k bezpečnostní funkci chlazení paliva, existovaly dvě bezpečnostní vrstvy. První z nich byl systém RHR, a druhou velmi dlouhodobá možnost dodávky vody, takže byla zachována hladina vody i když voda a teplo ubývaly odpařováním.</p> <p>Druhá vrstva může být považována za vysoce spolehlivou vrstvu (Oddíl 6.2.2.4) z následujících důvodů:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pro činnosti byla k dispozici dlouhá doba (alespoň 10 hod. k dosažení provozních limitů)</li> <li>- pro přidání další vody existovala řada způsobů, (např. nízkotlaké bezpečnostní vstřikování, požární hadice), i když musela být kontrolována koncentrace boru.</li> <li>- tato bezpečnostní vrstva byla v bezpečnostním odůvodnění uznávána jako hlavní bezpečnostní prvek.</li> </ul> <p>Čas k dispozici byl kromě toho takový, že byl dostatek času pro opravu systému RHR, když by to bylo nezbytné.</p>
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Návod v Oddíle 6.2.3.1 dává klasifikaci Pod stupnicí/Stupeň 0.
Celková klasifikace:	Pod stupnicí/Stupeň 0



**Příklad 43. Úplná ztráta chlazení při odstavení – Stupeň 1***Popis události*

Chlazení reaktorové nádoby při odstavení reaktoru bylo úplně ztraceno několik hodin, když automaticky uzavřely sací izolační ventily systému RHR, který byl v provozu. Tyto ventily uzavřely v důsledku ztráty napájení 2. divize systému ochrany jaderné bezpečnosti v důsledku nevhodné údržby. Alternativní napájení už bylo odpojeno na údržbu. Blok byl v podmínkách odstavení po dlouhou dobu (asi 16 měsíců), a zbytkové teplo bylo velmi malé. Během doby odstavení systému, kdy nebylo chlazení k dispozici, se voda v nádobě reaktoru začala ohřívat rychlostí přibližně 0,3°C/hod. Systém RHR byl restartován přibližně 6 hodin po počáteční události.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximální možné důsledky pro událost spojenou s odstavením energetického reaktoru jsou Stupně 5-7
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Pro tuto konkrétní událost byla k dispozici velmi dlouhá doba předtím, než by mohlo dojít k významným důsledkům, jako je poškození aktivní zóny nebo významné ozáření. Tyto časové možnosti dovolily realizaci celé řady opatření k nápravě situace, a proto je lze považovat za velmi spolehlivou bezpečnostní vrstvu, jak je uvedeno v bodě 6.2.2.4.
S 6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Základní klasifikace události je Pod stupnicí/Stupeň 0.
6.2.4. Přídavné faktory	Nevhodná údržba uvedla reaktor mimo LaP , takže byla klasifikace zvýšena na Stupeň 1.
Celková klasifikace:	Stupeň 1

Kdyby nebylo zbytkové teplo tak nízké, byla by k dispozici mnohem kratší doba, a tato by tak nemohla být považována za vrstvu s vysokou integritou. V takovém případě by účinné bezpečnostní vrstvy byly následující:

- postupy a činnosti ze strany obsluhujícího personálu k obnovení napájení Divize 2 systému ochrany jaderné bezpečnosti;
- postupy a opatření ze strany obsluhujícího personálu k obnovení RHR chlazení pomocí alternativních systémů.

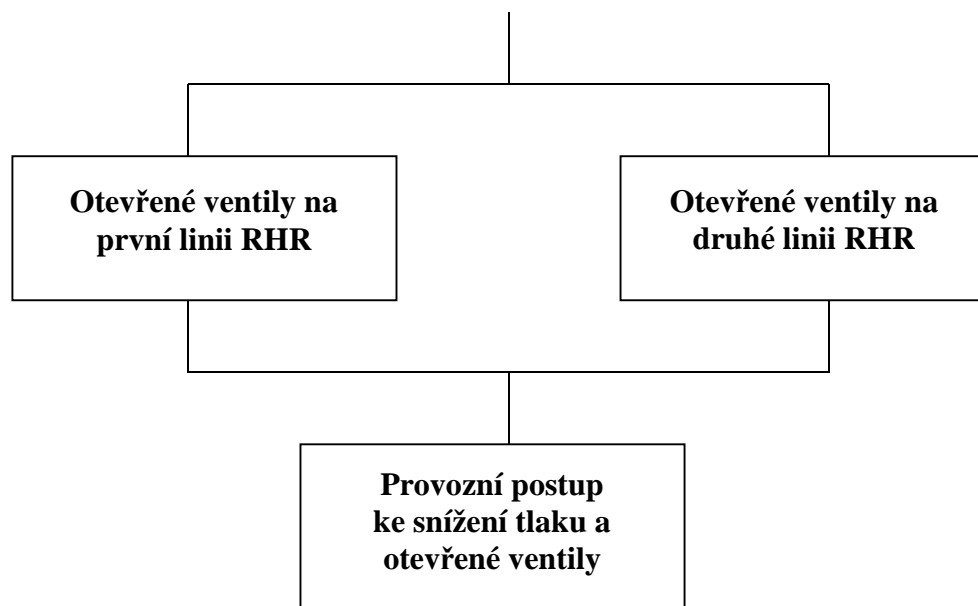
Počet zbývajících vrstev je dvě, událost by měla být klasifikována na Stupni 2. Nebyla by zvýšena na Stupeň 3, protože jedna další porucha by nevedla k havárii (viz Oddíl 6.2.4).

**Příklad 44. Ztráta chlazení při odstavení v důsledku zvýšení tlaku chladiva –  
Stupeň 2***Popis události*

Průběh je stejný jako v příkladu 41, ale parní generátory byly otevřeny pro provádění prací, a proto nebyly k dispozici. Bezpečnostní opatření jsou znázorněna na Obr. 2. Událost vznikla nějakou dobu poté, co byl reaktor odstaven při zvýšení tlaku chladiva, způsobeného zavřením izolačních ventilů RHR. Alarmy v blokové dozorně oznámily provoznímu personálu uzavření ventilu, a po snížení tlaku byly ventily znovu otevřeny. Teploty nevzrostly nad limity v LaP . Zbytkové teplo bylo natolik nízké, že by trvalo pět hodin, než by bylo dosaženo provozních limitů.

*Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximální možné důsledky pro událost spojenou s odstavením energetického reaktoru jsou Stupně 5-7
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Bezpečnostní opatření jsou znázorněna na Obr. 2. Existovaly dvě hardwarové bezpečnostní vrstvy a softwarová bezpečnostní vrstva v sérii, a bylo k dispozici alespoň 5 hodin k provádění požadovaných akcí. Vzhledem k dlouhé době k dispozici mohly být provozní postup a činnosti provozního personálu považovány za spolehlivější než s jednou bezpečnostní vrstvou. Omezujícím aspektem bezpečnostních opatření byly dvě hardwarové vrstvy.
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Dle Tabulky 11 znamená existence dvou hardwarových vrstev, že událost by měla být klasifikována Stupněm 2.
Celková klasifikace:	Stupeň 2



Obr. 2. Ilustrace bezpečnostních vrstev pro Příklady 44 a 46.

### **Příklad 45. Ztráta chlazení při odstavení z důvodu falešného působení tlakových senzorů - Stupeň 3**

#### *Popis události*

Případ stejný jako v příkladu 42, ale k události došlo krátce po odstavení. Chlazení při odstavení bylo zajišťováno oběhem chladiva přes výměník tepla RHR a přes jedno sací potrubí se dvěma izolačními ventily. Primární okruh byl uzavřen. V případě uzavření uzavíracích ventilů bude vzrůstat teplota chladiva, ale bude trvat přibližně jednu hodinu, než dosáhne nepřijatelné teploty. Ventily jsou ovladatelné z blokové dozorny. Parní generátory jsou otevřené pro provádění prací, a proto nejsou k dispozici. Bezpečnostní vstřikování není k dispozici, HPSI (vysokotlaká) čerpadla jsou oddělená od doplňovacích čerpadel a pojistné ventily jsou k dispozici k řízení tlaku primárního okruhu.

Událost vznikla, když byly uzavřeny izolační ventily falešným působením tlakových senzorů. Alarmy v blokové dozorně oznámily provoznímu personálu uzavření ventilů. Po kontrole, že vzrůst tlaku byl falešný signál, byly ventily znovu otevřeny. Teploty se nezvedly nad limity v LaP .

#### *Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximální možné důsledky pro událost spojenou s odstavením energetického reaktoru jsou Stupně 5-7

## 6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:

Existuje pouze jedna bezpečnostní vrstva - chlazení primárního okruhu prostřednictvím jednoho sacího potrubí RHR.

Opět je nutné uvážit i technické (hardwarové) i procedurální aspekty bezpečnostní vrstvy. Uvažme nejprve kroky nezbytné k obnovení chlazení. Provozní personál musí zjistit, že tlakový signál byl falešný, a v případě, že nárůst teploty chladiva způsobil následné zvýšení tlaku, že je třeba snížit tlak. Postup pro obnovení odvádění zbytkového tepla po uzavření ventilů existoval. Operace mohla být v době, která byla k dispozici, provedena, ale ne s velkou rezervou. Z hlediska hardwaru, by porucha ventilu při opětovném otevření měla za následek nedostupnost bezpečnostní vrstvy. Zcela jistě též nebylo dostatek času k provádění jakýchkoliv oprav, kdyby došlo k poruše ventilů při otevření.

Z těchto důvodů jedna vrstva není považována za vysoce spolehlivou bezpečnostní vrstvu, i když to byla jediná vrstva daná projektem. Potřeba schopnosti otevřít oba uzavírací ventily, s cílem obnovit dodávku, jednoznačně omezuje spolehlivost bezpečnostní vrstvy.

## 6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:

K dispozici byla pouze jedna bezpečnostní vrstva, a proto je dle Tabulky 11 klasifikace na Úrovni 3.

Celková klasifikace:

Stupeň 3

### **Příklad 46. Ztráta chlazení při odstavení v důsledku zvýšení tlaku chladiva – Stupeň 3**

#### *Popis události*

Projekt elektrárny je stejný jako v příkladu 44, ale k události došlo krátce po odstavení při zvýšení tlaku chladiva, způsobeném zavřením uzavíracích ventilů. Bezpečnostní opatření jsou znázorněna na Obr. 2.

#### *Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximální možné důsledky pro událost spojenou s odstavením energetického reaktoru jsou Stupně 5-7

6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Pokud jde o technické vybavení (hardware), zdá se, že nyní existují dvě bezpečnostní vrstvy. Nicméně, obě ještě spoléhají na provozní personál, že znovu otevře ventily. Spolehlivost bezpečnostních opatření je omezena potřebou činnosti ze strany obsluhujícího personálu. Vzhledem ke složitosti operace a omezené době k dispozici se má za to, že existuje jen jedna účinná (efektivní) bezpečnostní vrstva (tj. provozní postup při snížení tlaku a znovuotevření oddělovacího ventilu)
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Dle Tabulky 11 by událost měla být klasifikována Stupněm 3
Celková klasifikace:	Stupeň 3

---

#### 6.4.2. Události v jiných zařízeních než jsou jaderné reaktory

##### **Příklad 47. Natlakování objemu nad hladinou kapaliny v nádobě pro rozpouštění palivových proutků - Pod stupnicí/Stupeň 0**

###### *Popis události*

Detekce malého přetlaku v prostoru nad hladinou kapaliny v rozpouštěcí nádobě přepracovatelského zařízení vyústila v automatické vypnutí procesu. Ohřívací systém nádoby byl vypnut a byla použita chladící voda. Bylo zastaveno napájení nádoby kyselinou dusičnou a rozpouštěcí reakce byla potlačena přidáním vody do nádoby. Nedošlo k žádnému úniku kontaminace do ovzduší provozního prostoru zařízení ani životního prostředí.

Následné vyšetřování ukázalo, že abnormální přetlak vznikl díky abnormálnímu uvolňování výparů a zvýšené rychlosti produkce nitridových par v důsledku krátkodobého zvýšení rychlosti rozpouštění paliva.

###### *Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximální možné důsledky pro události spojené s přepracovatelským zařízením jsou Stupně 5-7
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Proces byl automaticky vypnut pro odchylky v podmínkách procesu. Všechny kroky odstavení proběhly normálně. Nebyly narušeny žádné bezpečnostní vrstvy.
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Na základě bodu (1) Oddílu 6.2.3.1. je klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0

6.2.4. Přídavné faktory: Nejsou žádné důvody pro překlasifikování události

Celková klasifikace: Pod stupnicí/Stupeň 0

#### **Příklad 48. Ztráta chlazení v malém výzkumném reaktoru - Pod stupnicí/Stupeň 0**

##### *Popis události*

Událost nastala ve 100 kW výzkumném reaktoru s velkým chladícím bazénem a výměníkem tepla/čisticím systémem, jak je znázorněno na Obr. 3. Při události se ztrátou chlazení by byl jakýkoliv ohřev vody jen velmi pomalý.

K události došlo při poruše potrubí za čerpadlem, chladicí kapalina byla odčerpána ze spodku sacího potrubí. Následně selhalo čerpadlo z důvodu kavitace.

##### *Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Je třeba uvážit dvě bezpečnostní funkce. Jednou z nich je chlazení paliva, a druhou je stínění, které má zabránit vysokým dávkám na pracovníka. Pro obě bezpečnostní funkce, vzhledem k nízkému inventáři, nemohou maximální možné důsledky překročit Stupeň 4, a proto při uvažování principu ochrany do hloubky je maximální Stupeň 2
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Vzhledem k projektové funkci chlazení existují tři bezpečnostní vrstvy. Jednou z nich je systém výměníku tepla, další je velký objem vody v bazénu, a třetí je schopnost chlazení paliva ve vzduchu. Sací strana byla záměrně navržena tak, aby bylo zajištěno, že když dojde k poruše potrubí, zůstává v bazénu velké množství vody. Je zřejmé, že hlavní bezpečnostní vrstva je objem vody. Ten lze proto považovat za bezpečnostní vrstvu s vysokou integritou z následujících důvodů: <ul style="list-style-type: none"> <li>- tepelný příkon je malý ve srovnání s objemem vody, takže jakékoliv zvýšení teploty bude velmi pomalé. Výrazné snížení hladiny vody by mělo trvat mnoho dní.</li> <li>- jakékoliv snížení hladiny by bylo snadno zjištěno obsluhujícím personálem, a hladina vody by mohla být jednoduše doplňována přes několik tras.</li> <li>- průkaz bezpečnosti pro toto zařízení uznává tuto bezpečnostní vrstvu jako hlavní a prokazuje její integritu. Sací potrubí k výměníku tepla bylo pečlivě navrženo tak,</li> </ul>



aby zajistilo, že zbývá dostatečné množství vody.

6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:

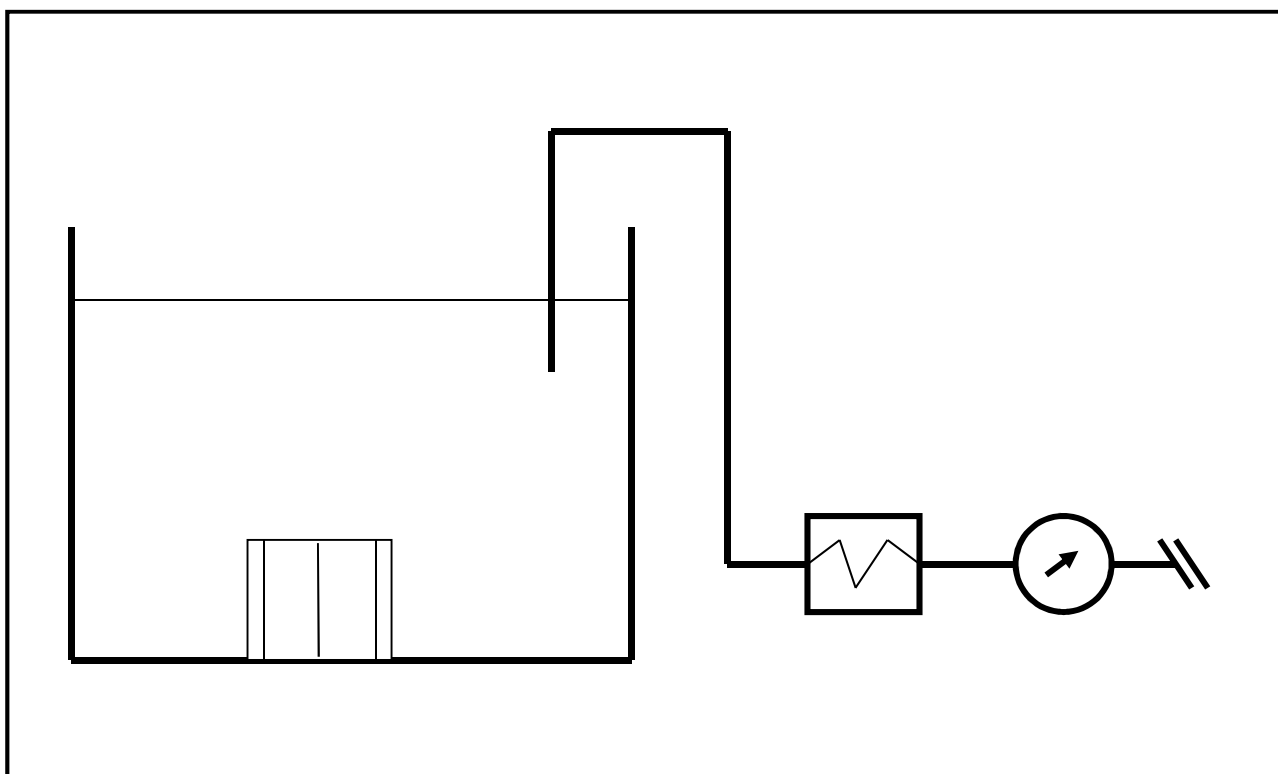
Základní klasifikace je uvažována na Stupni 0, protože zbývají dvě bezpečnostní vrstvy, jedna s vysokou integritou. Vzhledem k bezpečnostní funkci stínění zbývá jen jedna bezpečnostní vrstva, ale je s vysokou integritou, protože hladina vody, která zůstává ve spodní části sacího potrubí, poskytuje dostatečné stínění

6.2.4. Přídavné faktory:

Neexistují žádné důvody pro překlasifikování události

Celková klasifikace:

Pod stupnicí/Stupeň 0



Obr. 3. Schéma chladicího systému pro Příklad 48.

### **Příklad 49. Vysoká úroveň záření v jaderném recyklačním zařízení – Pod stupnicí/Stupeň 0**

#### *Popis události*

Provozní personál a technický pracovník radiační ochrany prováděli odběr vzorků v zařízení na skladování vysokoaktivních kapalin. Pro tento úkol byly k dispozici zvláštní pokyny a vybavení, a dotčené osoby byly řádně vyškoleny a informovány. K tomu, aby tato operace mohla proběhnout, byli z velkého a jasně označeného a uzavřeného okolí dotčené pracovní plochy ostatní pracovníci vyloučeni.

Během provozu vybavení selhalo, což vedlo k úniku malého množství vysokoaktivní kapaliny do nestíněného potrubí, což způsobilo v okolí vysokou úroveň záření.

Veškerý personál byl vybaven osobními dozimetry s alarmem. Když tyto společně s několika dalšími instalovanými detekčními systémy v tomto prostoru signalizovaly, pracovníci okamžitě prostor opustili.

Následné hodnocení ukázalo, že nejvíce ozářená osoba byla vystavena dávkovému příkonu 350 mSv/h, a obdržela efektivní dávku 350  $\mu$ Sv.

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Zkušební provoz byl prováděn v prostoru, kde byl specifický přístup k řízení a zvláštní bezpečnostní opatření vzhledem k možnosti vysokých aktivit. Proto se na něj nevztahuje kritérium dávkového příkonu Stupeň 2 „v rámci provozního prostoru“ (viz Oddíl 3.2, který definuje provozní prostory jako "prostory, kde je pracovníkovi přístup povolen bez zvláštních povolení. Nepatří sem prostory, kde jsou požadovány zvláštní opatření (nad rámec obecných požadavků na osobní dozimetr nebo kombinézu), vzhledem k úrovni kontaminace nebo záření
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximálními možnými důsledky pro tuto činnost bylo ozáření vyšší než desetinásobek stanoveného ročního limitu (tj. Stupeň 3)
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Při posuzování počtu nezávislých bezpečnostních vrstev je nutné uvážit zvláště indikace (detektory a alarmy) a odezvu obsluhujícího personálu. Byly tam k dispozici čtyři nezávislé bezpečnostní vrstvy indikací a alarmů. Jsou to: <ul style="list-style-type: none"> <li>- elektronické osobní dozimetry. Bylo potvrzeno, že tyto byly <i>plně</i> funkční a řádně provozované.</li> <li>- instalované gama detektory a alarmy. Ty byly v plném provozním stavu a během události signalizovaly.</li> <li>- instalované hlásiče aktivity ve vzduchu. Tyto reagují na vysoké gama záření, a poplachy na jejich základě vyžadují rychlou evakuaci pracovníků z tohoto prostoru.</li> <li>- přítomnost technického pracovníka radiační ochrany s detektorem záření. Základním účelem přítomnosti technika bylo sledování radiačního záření během zkušebního provozu a odpovídajícím způsobem poradit. To nebylo nutné, protože provozní personál byl již evakuován.</li> </ul> <p>Každá z těchto bezpečnostních vrstev vyžadovala od</p>

obsluhujícího personálu přiměřenou reakci na poplach nebo slovní radu. Bylo potvrzeno, že provozní personál byl pravidelně školen a nebyla žádná zkušenost se špatnou odezvou. V události figurovala víc než jedna osoba a další technik radiační ochrany, s ohledem na zvláštní povahu činnosti, výcvik a vyžadovanou instruktáž; bylo shledáno, že lze uvažovat přinejmenším tři nezávislé bezpečnostní vrstvy. Pravděpodobnost, že všichni jednotlivci ignorují všechny alarmy, je mizivě malá.

6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	S pomocí Tabulky 11, pokud existují tři bezpečnostní vrstvy, je základní klasifikace na Stupni 0.
6.2.4. Přídavné faktory:	Neexistují žádné důvody pro překlasifikování události
Celková klasifikace:	Pod stupnicí/Stupeň 0

### **Příklad 50. Pracovník obdržel kumulativní celotělovou dávku vyšší, než je dávkový limit - Stupeň 1**

#### *Popis události*

Manažer zařízení obdržel koncem prosince při činnostech v provozu celotělovou dávku, která byla vyšší, než bylo povoleno nebo než se předpokládalo, ale nižší než je dávková optimalizační mez. Výsledkem bylo, že ač dávka z těchto činností byla nízká, kumulativní celotělová dávka překročila roční dávkový limit.

#### *Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Úroveň dávky ze skutečné události byla nižší než hodnota uvedená v Oddíle 2 pro skutečné důsledky (tj. menší než omezující dávka)
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximální možné důsledky pro události spojené s dávkou na pracovníka jsou klasifikovány na Úrovni 4
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Základní klasifikace je Pod stupnicí/Stupeň 0 , protože nedošlo k degradaci bezpečnostních vrstev, sloužících k ochraně pracovníků před velkými dávkami
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Na základě Tabulky 11 je klasifikace Pod stupnicí/Stupeň 0

6.2.4. Přídavné faktory:	Vzhledem k tomu, že byl překročen roční limit kumulativní celotělové dávky, měla by být událost klasifikována Stupněm 1 (Oddíl 6.2.4.3)
Celková klasifikace:	Stupeň 1

### Příklad 51. Selhání řízení kritičnosti - Stupeň 1

#### Popis události

Rutinní kontrola dodržování pravidel provozu v závodě na výrobu paliva ukázala, že šest vzorků palivových tablet bylo nesprávně baleno. Kromě povoleného obalového souboru byl každý vzorek umístěn v plastovém obalu (kontejneru – nádobě). Tento plastový obal obsahoval požadavek „žádný další hydrogenní materiál (obsahující vodík) není v balení povolen“, se kterým musel být sklad seznámen. Nicméně, tento požadavek nebyl pro tento sklad paliva jasně stanoven. Následné vyšetřování ukázalo, že výstupní list o kritičnosti („criticality clearance certificate“) bylo obtížné interpretovat, a související hodnocení kritičnosti bylo nedostatečné pro to, aby umožnilo plné pochopení bezpečnostních požadavků.

#### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximální potenciální důsledky kritičnosti ve skladu paliva by byly klasifikovány na Stupni 4
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Zbývající bezpečnostní vrstvy spojené s možností zaplavení jsou: <ul style="list-style-type: none"> <li>- několik kontrol na místě, které mají zabránit zaplavení (předpokládáno v bezpečnostním případě);</li> <li>- bezpečnostní zdůvodnění (ověření), že zaplavení by nevedlo ke kritičnosti.</li> </ul> Zbývající bezpečnostní vrstvy související s jinými materiály jsou: <ul style="list-style-type: none"> <li>- jasné postupy, školení a označování, aby se zabránilo přidání hydrogenního materiálu</li> <li>- inspekce ke zjištění odchylek od předpokladů učiněných v bezpečnostním případě</li> </ul>
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Existují dvě zbývající bezpečnostní vrstvy a základní klasifikace z Tabulky 11 je na Stupni 1
6.2.4. Přídavné faktory:	Stupeň 1 by byl rovněž vhodnou klasifikací, protože:

- provoz byl mimo LaP
- byla porušena kultura bezpečnosti tím, že se nepodařilo zajistit odpovídající hodnocení a dokumentaci.

Nepovažuje se za vhodné překlasifikovat událost na maximum na základě ochrany do hloubky, protože bylo třeba ještě několika poruch k tomu, aby došlo k havárii (viz Oddíl 6.2.4, položka (3)).

Celková klasifikace:

Stupeň 1

## **Příklad 52. Prodloužená ztráta větrání na zařízení pro zpracování paliva - Stupeň 1**

### *Popis události*

Po ztrátě normálního a nouzového (havarijního) větrání a nesouladu s postupy pracoval provozní personál více než hodinu bez dynamického kontejnmentu.

Ventilace plní dvojí roli. Za prvé usměrňuje aktivitu, která by mohly být uvolněna v uzavřené místnosti s řízeným uvolňováním do filtračních okruhů, a za druhé, vytváří v takovéto uzavřené místnosti mírný podtlak, aby se zabránilo přenosu aktivity do jiných prostorů. Tuto formu kontejnmentu nazýváme "dynamickým kontejnmentem".

Tato událost začala ztrátou dodávky elektrické energie do běžné (normální) ventilace. Nouzový ventilační systém, který by měl převzít její funkci, nashodil. Následné vyšetřování ukázalo, že selhání normálního větracího systému a selhání systému nouzového větrání přivedeného do provozu byly spojeny s přítomností společného režimu (resp společnou příčinou, či poruchou se společnou příčinou) mezi zdroji elektrického napájení a těmito ventilačními systémy. Byl signalizován poplach na strážním stanovišti, ale informace se nedostala ani k řídicím pracovníkům (supervisory staff) ani k provoznímu personálu.

Provozní personál byl o tom, že poplach byl spuštěn, informován do jedné hodiny po tom, co zahájila práci nová směna.

Výsledky měření kontaminace ovzduší, která je u všech pracovních stanic monitorována, neposkytly žádné důkazy o nárůstu kontaminace ovzduší.

### *Vysvětlení klasifikace*

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Ventilační systém je navržen tak, aby vzduch foukal postupně (kaskádně) z prostoru nízké kontaminace do prostoru s postupně vyšší nebo potenciálně vyšší kontaminací. Kdyby došlo ke koincidenční události (např. požáru) vedoucí k přetlaku, byla by některá aktivita, která by jinak byla odváděna filtračním systémem, vypouštěna do provozního prostoru závodu a následně do atmosféry, bez stejného stupně filtrace. Maximální

	potenciální důsledek by byl Stupeň 4, založený na potenciálním úniku do atmosféry.
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Zbývající nezávislá bezpečnostní opatření, nezahrnující konečné havarijní postupy, byla: <ul style="list-style-type: none"> <li>- automatické hasicí systémy;</li> <li>- stavební konstrukce, která zabezpečovala jak kontejnment, tak dekontaminaci ke snížení ozáření na hodnotu nižší než 0,1 mSv</li> </ul>
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Existovaly nejméně dvě účinné bezpečnostní vrstvy a základní klasifikace z Tabulky 11 je na Stupni 1
6.2.4. Přídavné faktory:	Ačkoliv byly porušeny postupy (pokračovaly práce bez větrání) a problémy s elektrickou dodávkou byly běžnou příčinou, nepovažuje se za vhodné upravit klasifikaci události na maximum z důvodu ochrany do hloubky, protože by nutně muselo nastat ještě několik poruch (požár, porucha hasicího zařízení, problémy s kontejnmentem) aby došlo k havárii (viz Oddíl 6.2.4, položku (3))
Celková klasifikace:	Stupeň 1

---

### Příklad 53. Selhání blokovacího systému stínících dveří - Stupeň 2

#### *Popis události*

K události došlo, když byl kontejner s vysokoaktivním vitrifikovaným odpadem přestěhován do horké komory, přičemž stíněné dveře do komory zůstaly otevřené po údržbových pracích. Otevření dveří byl řízeno systémem „výměny klíče“ (key exchange system), instalovaným blokovacím zařízením založeným na detektorech záření gama a programovatelných (logických) ovladačích. Během období schvalovacího procesu byl původní návrh systému přístupu do komory dvakrát upraven, ve snaze ho vylepšit. Všechny tyto systémy, bránící přenosu vysokoaktivních látek do komory při otevřených stínících dveřích, selhaly.

Vstup pracovníků do tohoto prostoru je řízen povolením, které vyžaduje, aby každá osoba nosila osobní dozimetr s alarmem.

Personál, který může být přítomen v komoře, nebo přilehlých prostorech, by mohl být vážně ozářen, kdyby nereagovali na pohyb kontejneru nebo na zvukovou varovnou (výstražnou) signalizaci svého dozimetru s alarmem. Při události provozní personál rychle rozpoznal problém a zavřel stínící dveře. Nikdo nebyl ozářen.

Projekt zařízení, týkající se přístupu do komor, byl modifikován při uvádění zařízení do provozu (povolovacím řízením), a důsledky těchto změn byly brány v úvahu nedostatečně.

Jde zejména o toto:



- zprovoznění blokovacího systému „s výměnným klíčem“ pro stíněné dveře komory selhalo v tom, že neprokázalo, že systém je nedostatečný
- programovatelný logický kontrolní systém nebyl správně naprogramován a zprovozněn
- změny byly špatně vyhodnoceny a řízeny, protože jejich bezpečnostní význam nebyl správně ohodnocen
- projektanti a zaměstnanci uvádějící systém do provozu nekomunikovali správně.

Autorizace pracovního povolení byla ukončena, což naznačovalo, že se zařízení vrátilo do normálního stavu, ale ve skutečnosti tomu tak nebylo.

Systém návrhu dočasných změn zařízení (temporary plant modification proposal - TPMP) byl používán v tomto zařízení příliš často a byl nedostatečně kontrolován a používaný systém návrhu úplných změn zařízení vyžadoval zlepšení.

Školení a dohled na vstupy do aktivních komor byly nedostatečné.

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximální možné důsledky pro takovéto činnosti jsou klasifikovány Stupněm 4 (smrtná dávka záření).
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	I přes selhání řady bezpečnostních vrstev zbyla jedna bezpečnostní vrstva, totiž postup autorizace pracovního povolení pro vstup do komor, který vyžaduje použití osobních dozimetrů s alarmem
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Dle Tabulky 11 je vhodná maximální klasifikace dle ochrany do hloubky Stupněm 2
6.2.4. Přídavné faktory:	Klasifikace nemůže být upravena nad maximální klasifikaci dle principu ochrany do hloubky
Celková klasifikace:	Stupeň 2

### Příklad 54. Exkurze výkonu ve výzkumném jaderném reaktoru během zavážení paliva - Stupeň 2

#### Popis události

Na výzkumném reaktoru došlo v průběhu výměny paliva k exkurzi výkonu, který vedl k vypnutí reaktoru od převýšení výkonu. Reaktor je malý výzkumný reaktor bazénového typu. Následně po nahrazení řídicí kazety (souboru) s kompenzačními („shim“) bezpečnostními tyčemi se do aktivní zóny vracely palivové soubory. Po zavezení pátého palivového souboru, byly kompenzační bezpečnostní tyče povytaženy, aby se ověřilo, že reaktor není kritický. Tyče pak byly vytaženy do pozice 85% místo požadované 40% (bezpečné pozice). Po vložení šestého palivového souboru byla vidět modrá záře a reaktor se vypnul od převýšení výkonu. Systém „vypnutí od neutronového toku“ byl „by-pasován“ (přemostěn), aby se zabránilo falešným vypnutím, během pohybu

vyhořelého paliva do polohy vhodné pro zavezení do aktivní zóny, ale by-pas vypnut nebyl. Maximální výkon při přechodovém procesu byl odhadnut asi na 300% plného výkonu. Postupy, vztahující se k výměně paliva byly přezkoumávány a revidovány.

#### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Bylo ukázáno, že maximální možná klasifikace pro tento reaktor by neměla přesáhnout Stupeň 4
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Jedinou bariérou, která zabraňovala významnému úniku, bylo vypnutí od převýšení výkonu. Podrobnosti o této ochraně nejsou poskytnuty, ale pokud nelze prokázat, že existují dva nebo více redundantních (pod)systémů („trains“) ochrany, které zůstanou efektivní za převládajících provozních podmínek, je třeba předpokládat, že existovala pouze jedna bezpečnostní vrstva, která by bránila významnému úniku
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Klasifikace dle Tabulky 11 je na Stupni 2
6.2.4. Přídavné faktory:	Klasifikace nemůže být upravena nad maximální klasifikaci dle ochrany do hloubky
Celková klasifikace:	Stupeň 2

### Příklad 55. Téměř dosažení kritičnosti v jaderném recyklačním zařízení - Stupeň 2

#### Popis události

V zařízení na recyklaci plutonia došlo k úniku z potrubí přepravujícího horký dusičnan plutonia po dobu asi 24 hodin, celkem 31 kg do prostoru potrubí (horké komory, kobky). Únik byl zjištěn při denní vizuální kontrole. Horký dusičnan plutonia procházel přes vnější povrch výparníku horkého plutonia a kapal na šikmé pláty nerezové oceli na podlaze pod ním. Protože kapalina přešla přes různé povrchy, odpařila se a plutonium v krystalické podobě se ukládalo na nejnižší části potrubí a dole na podlaze, přičemž vytvářelo struktury jako jsou krápníky – stalaktity a stalagmity. Míra úniku byla taková, že látka se jako kapalina nedostala až k „detekční jímce“ a byla zjištěna pouze prostřednictvím občůzky pro sledování stavu. Kobka byla následně dekontaminována, potrubí a výparník vyměněny a zařízení uvedeno zpět do provozu.

Množství plutonia na obou potrubích a podlaze nepřekročilo minimální kritické množství pro koncentraci látky, se kterou se v té době manipulovalo, ale došlo už k události, kdy se manipulovalo s koncentrovanější látkou, kde by k překročení kritického množství mohlo dojít.

### Vysvětlení klasifikace

Tuto událost je třeba uvažovat ve dvou částech: za prvé, s ohledem na úniky ze zařízení, a za druhé s ohledem na dávky pro pracovníky.

#### Možný únik do zařízení

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Rozptýlení všech látek shromážděných v kobce může vést k úniku do životního prostředí odpovídajícímu Stupni 5
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	K dispozici jsou nejméně dvě bezpečnostní vrstvy, které by bránily takovému úniku: <ul style="list-style-type: none"> <li>- betonová konstrukce kobky (horké komory) obsahující plutonium, která by se neporušila generovanou energií a materiál nedospěl ke kritičnosti, a</li> <li>- ostatní stavební konstrukce spolu se systémem ventilace na snižování emisí, který se skládá z primárního a sekundárního ventilačního systému</li> </ul>
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Dle Tabulky 11 je příslušná základní klasifikace Stupeň 2
6.2.4. Přídavné faktory:	Neexistují žádné přídavné faktory, které by odůvodňovaly zvýšení základní klasifikace
Celková klasifikace:	Stupeň 2

#### Možné dávky pro pracovníky

### Vysvětlení klasifikace

Kritéria	Vysvětlení
2. a 3. Skutečné důsledky:	Při této události nebyly žádné skutečné následky
6.2.1. Maximální možné důsledky:	Maximální potenciální následky by byly klasifikovány na Stupni 4 (fatální radiační ozáření)
6.2.2. Zjištění počtu bezpečnostních vrstev:	Nebyly zjištěny žádné zbývající bezpečnostní vrstvy, které by chránily před kritičností
6.2.3. Vyhodnocení základní klasifikace:	Na základě Tabulky 11 je klasifikace Stupněm 2

6.2.4. Přídavné faktory:

Klasifikace nemůže být upravena nad maximální  
klasifikaci dle ochrany do hloubky

Celková klasifikace:

Stupeň 2

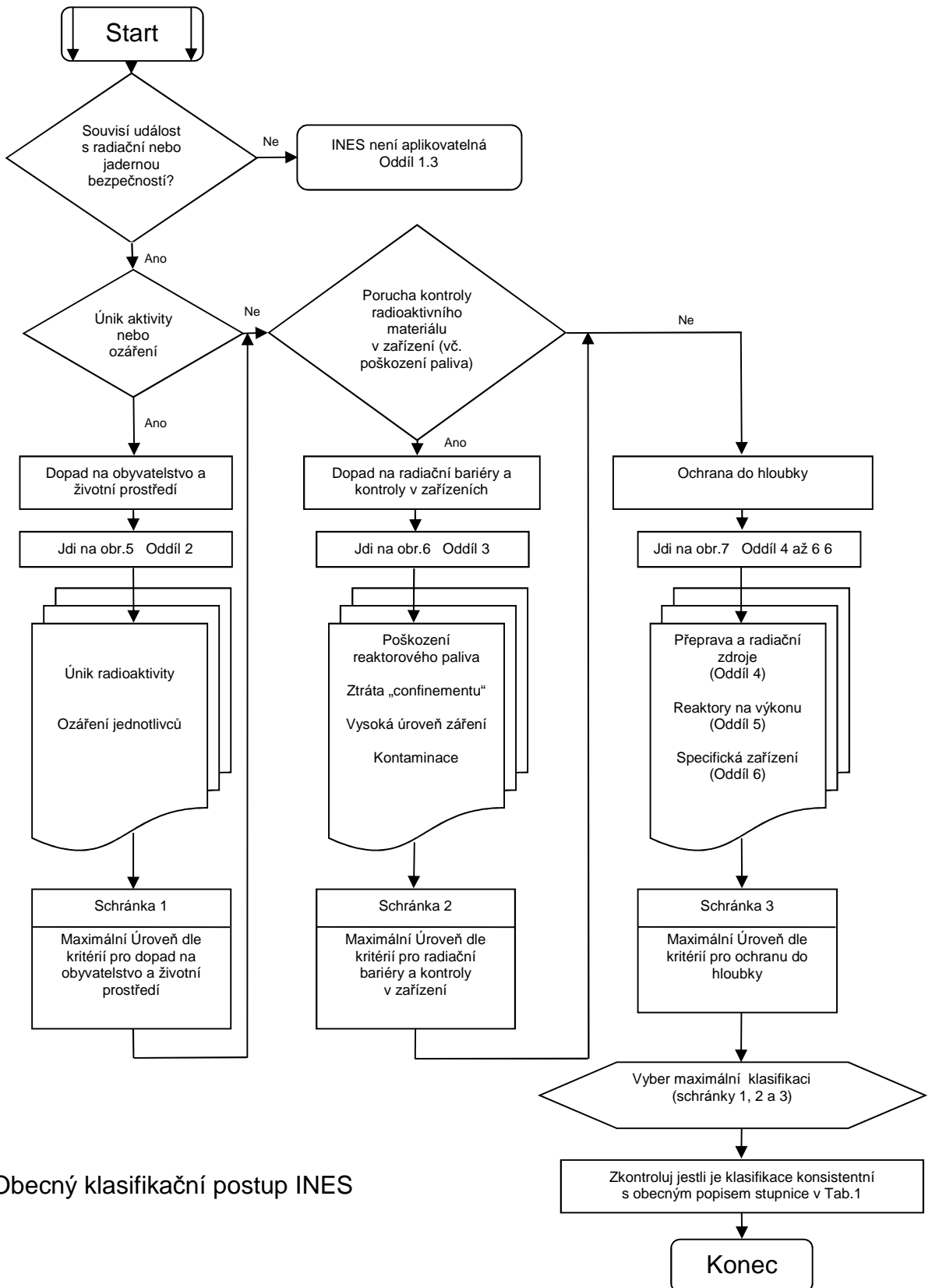
---

## 7. KLASIFIKAČNÍ POSTUPY

Schémata uvedené na následujících stránkách (obr. 4 -10) stručně popisují postup klasifikace INES jakékoliv události spojené se zdrojem záření a přepravou, skladováním a použitím radioaktivních látek.

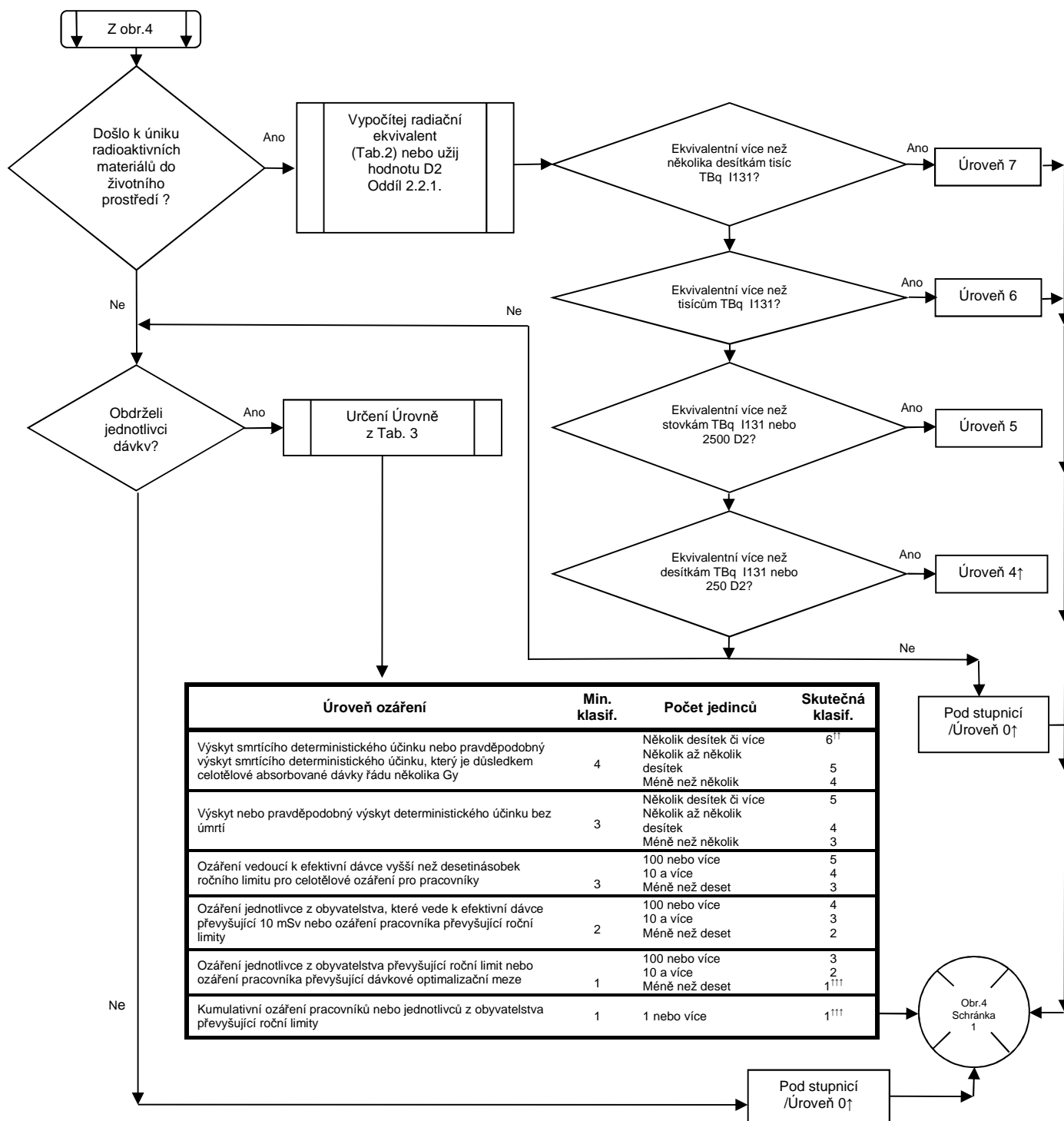
Schémata mají za cíl ukázat jakou logickou cestou je třeba se řídit, aby pro jakoukoliv událost byl posouzen význam pro bezpečnost. Poskytují přehled pro tyto nově klasifikované události a sumarizují postup tak, aby byl blízký uživatelskému manuálu INES. Vysvětlivky a tabulky jsou přidány do vývojových diagramů podle potřeby, avšak vývojové diagramy by neměly být používány izolovaně od podrobných návodů, uvedených v této příručce. MAAE také vyvinula internetový nástroj založený na vývojových diagramech, aby podpořila trénink používání metodiky klasifikace INES.

Kromě vývojových diagramů jsou uvedeny dvě tabulky příkladů (Tabulky 12 a 13) pro ilustraci toho, jak jsou klasifikovány některé skutečné události.



Obr. 4. Obecný klasifikační postup INES





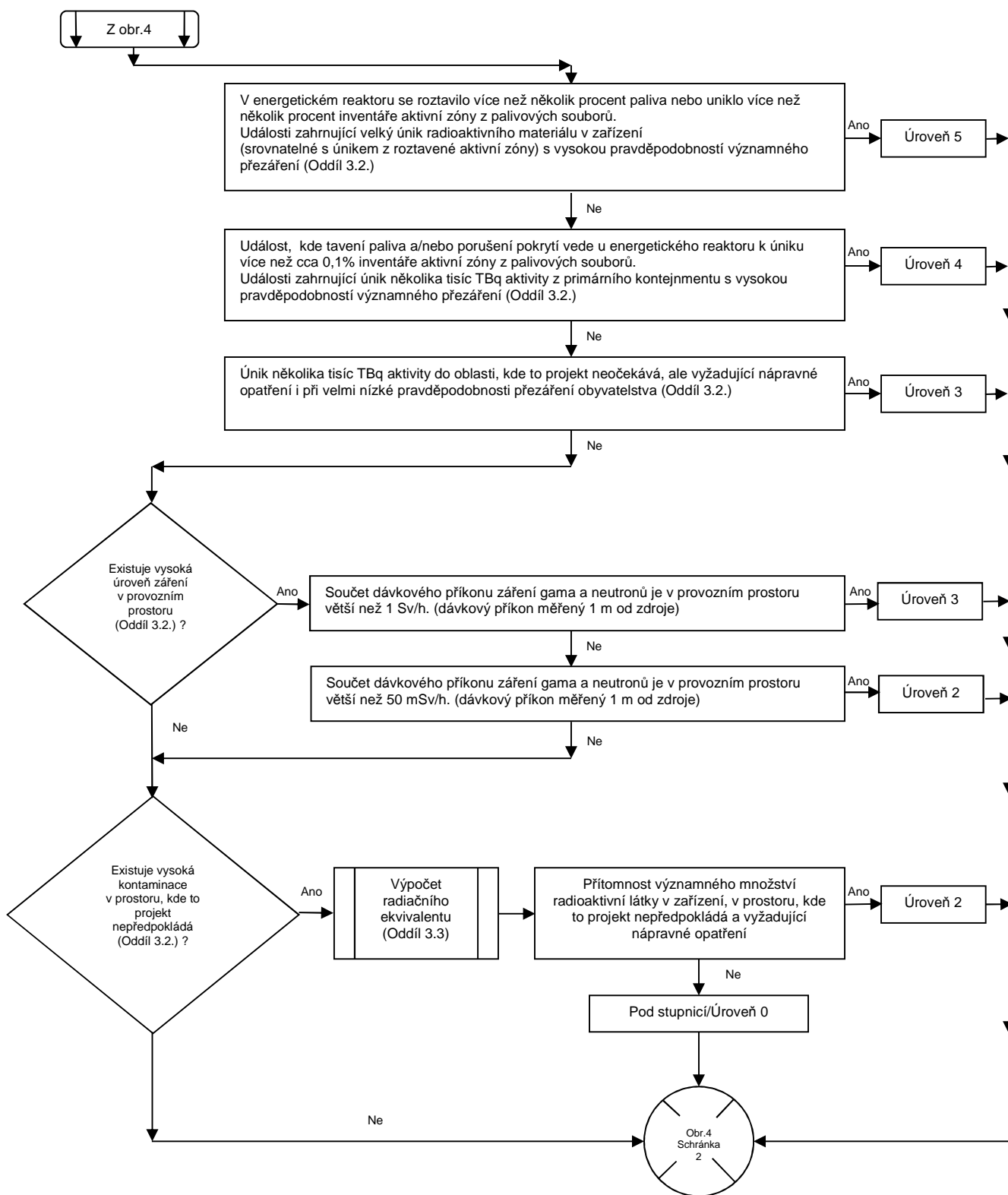
Tato kritéria se vztahují k haváriím, kde velmi časně vyhodnocení velikosti úniku může být pouze přibližné (aproximativní). Z těchto důvodů je nevhodné používat přesné numerické hodnoty v definicích Úrovně. Pro pomoc při zajištění konsistentní mezinárodní interpretace těchto kritérií bylo navrženo, aby hranice mezi Úrovněmi byly kolem 5000 and 50 000 TBq 131I

<sup>†</sup>Je nezbytné také uvážit, zda vyšší klasifikace je náležitě založena na ocenění dávek osob uvnitř zařízení s užitím Tab.3

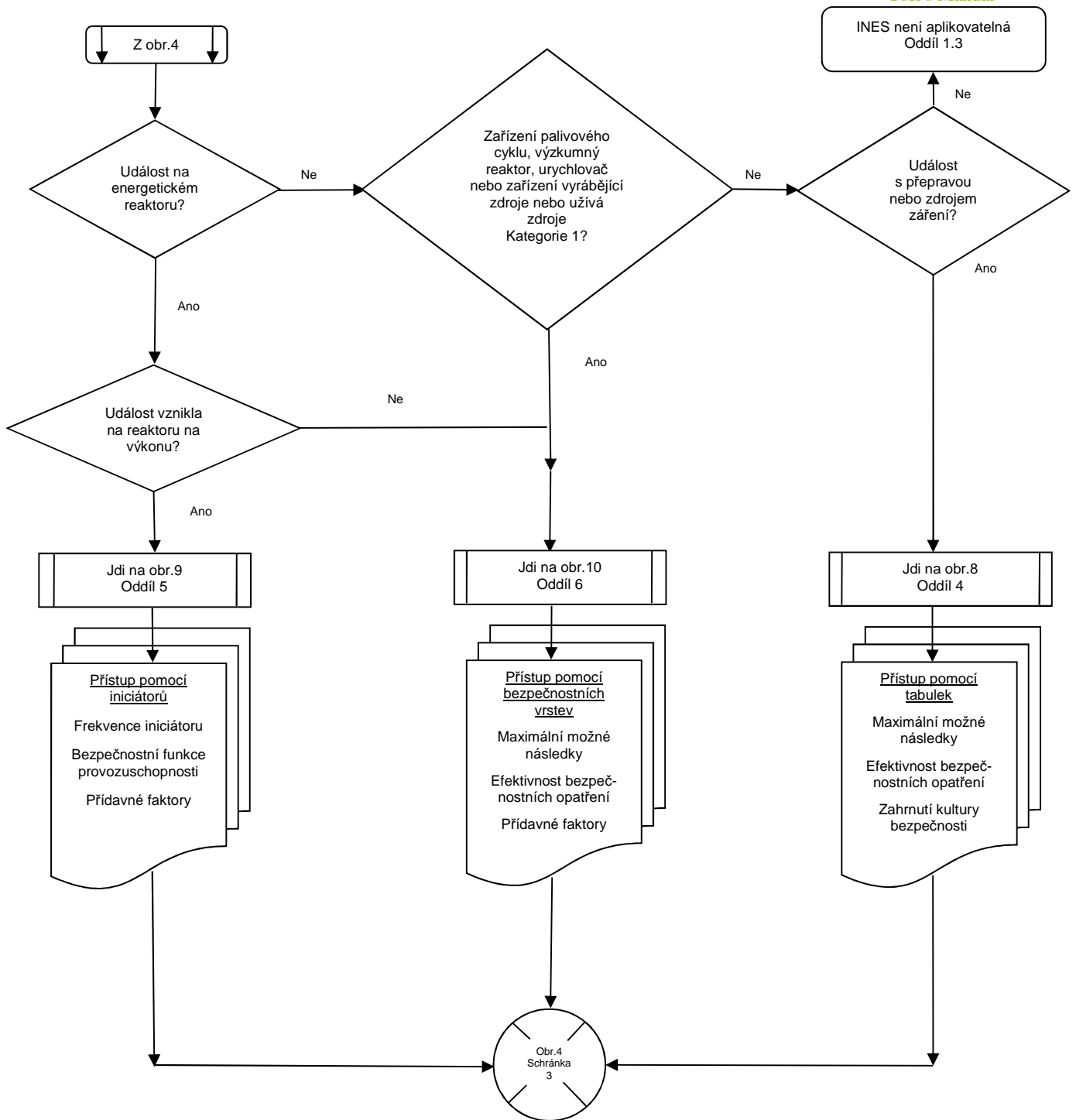
<sup>††</sup>Úroveň 6 není považována za věrohodnou pro jakoukoliv událost, týkající se zdroje záření.

<sup>†††</sup>Jak je vysvětleno v Oddíle 2.4., definice Úrovně 1 jsou založeny na kritériu ochrany do hloubky, vysvětleném v Oddíle 4.6, ale jsou zde zahrnuty pro úplnost.

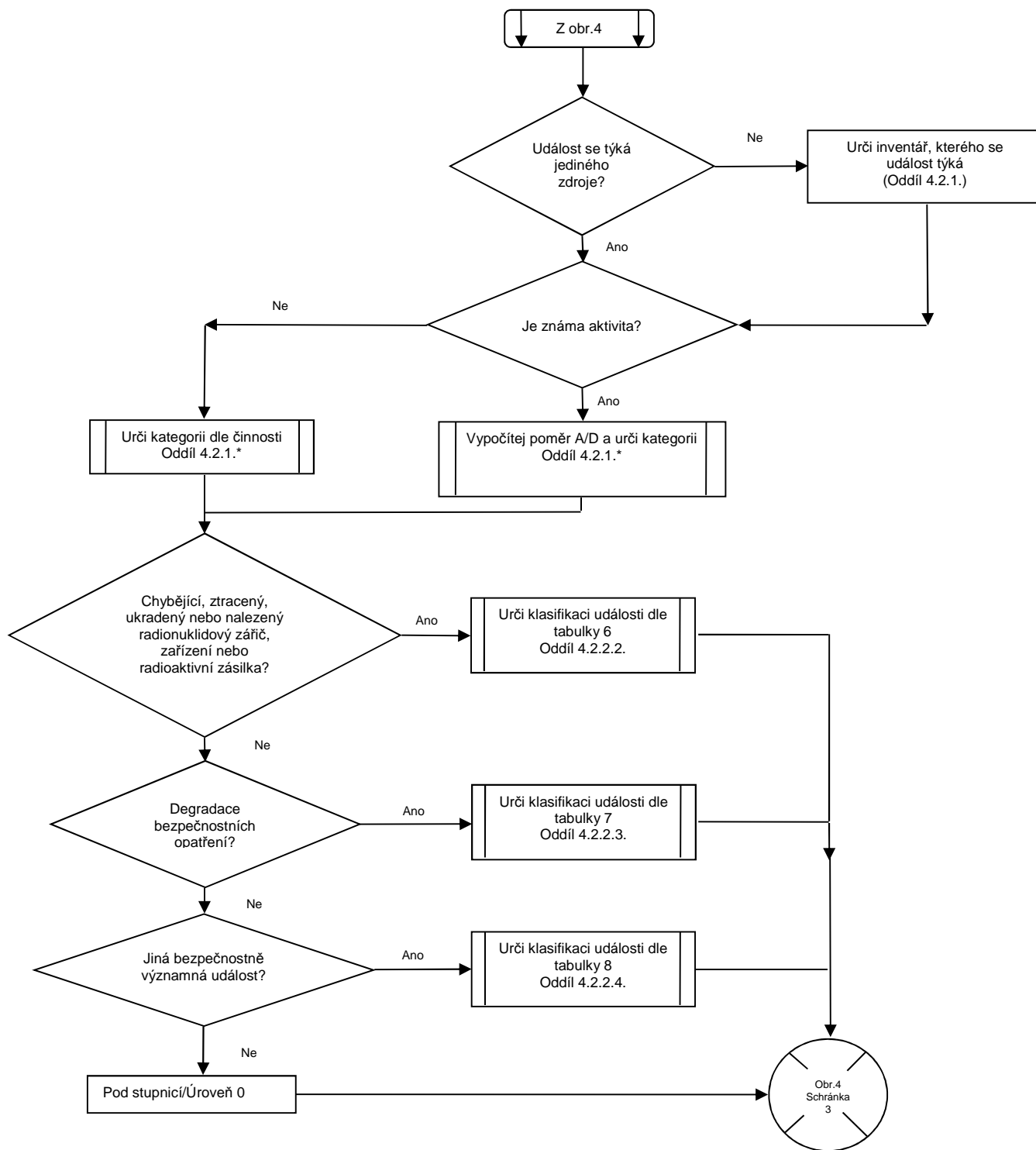
Obr. 5. Postup pro klasifikaci dopadu na osoby a životní prostředí



Obr. 6. Postup pro klasifikaci dopadu na radiační bariéry a opatření na zařízeních.

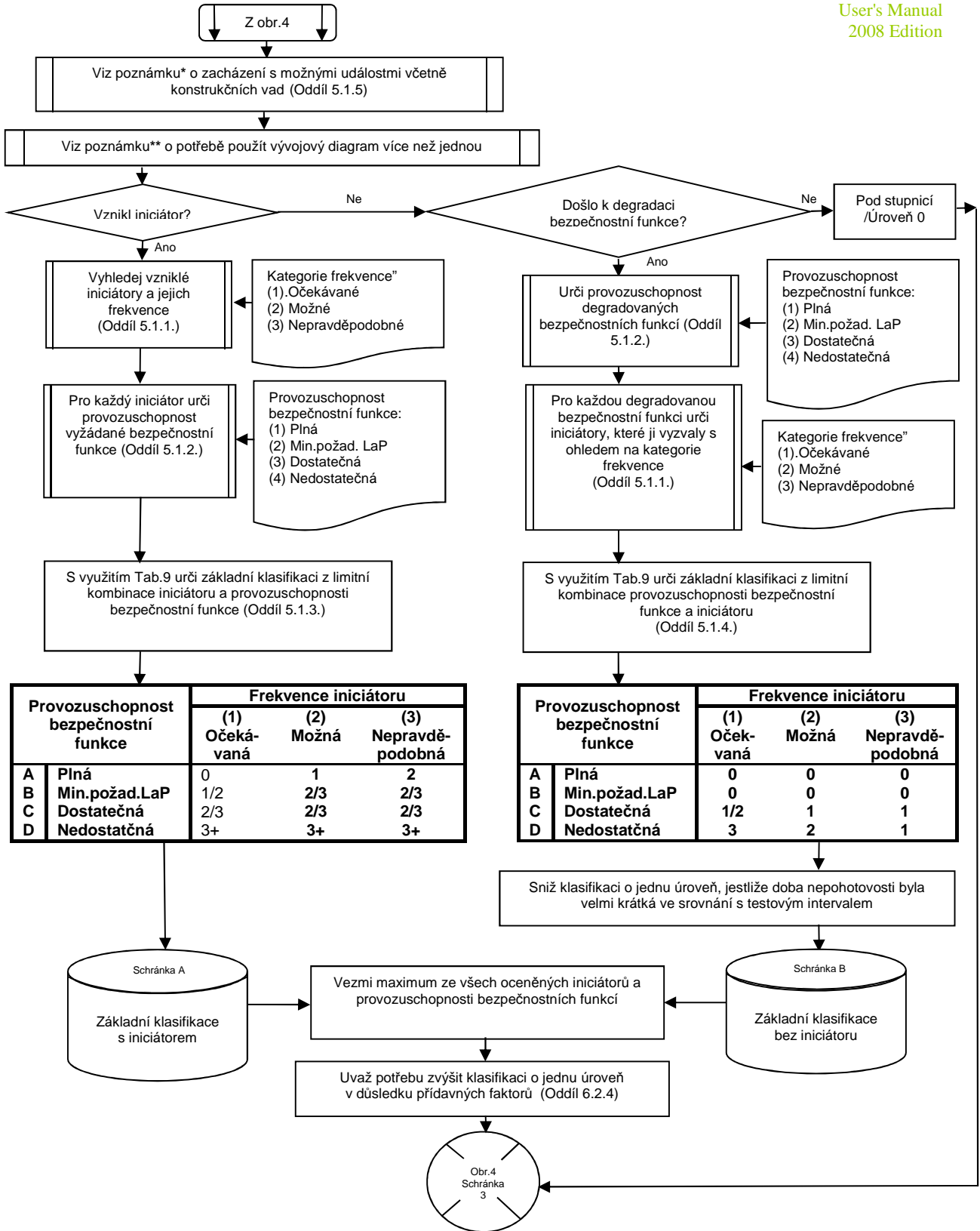


Obr. 7. Obecný postup pro klasifikaci dopadu na ochranu do hloubky.



\* - viz prosím také Přílohy III a IV

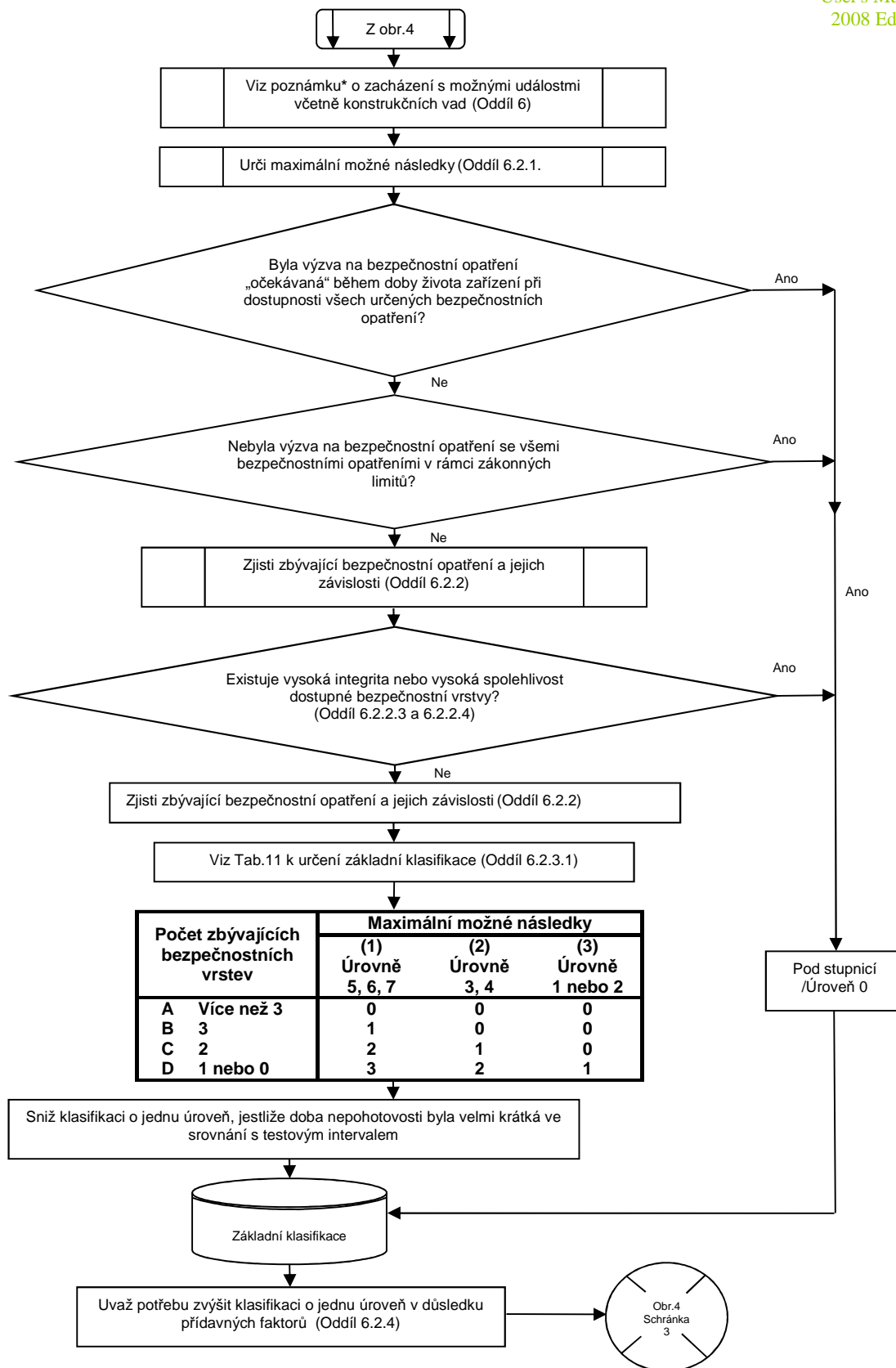
Obr. 8. Postup pro klasifikaci dopadu na ochranu do hloubky pro přepravu a události se zdrojem záření



\* Pro možné události předpokládej, že k této události skutečně došlo a oceň klasifikaci možné události s použitím vývojového diagramu. Potom sniž klasifikaci v závislosti na pravděpodobnosti, že se porucha mohla vyskytnout. Viz Oddíl 5.1.5.

\*\* Události mohou být kombinací iniciátorů a degradace bezpečnostních funkcí. Proto může být nutné, pro vyhledání iniciátoru a spárované bezpečnostní funkce, které dávají nejvyšší klasifikaci, projít tento vývojový diagram několikrát. Viz Oddíl 5.1.

Obr. 9. Postup pro klasifikaci dopadu na ochranu do hloubky pro reaktory na výkonu.



\* Pro možné události předpokládej, že k této události skutečně došlo a oceň klasifikaci možné události s použitím vývojového diagramu. Potom sniž klasifikaci v závislosti na pravděpodobnosti, že se porucha mohla vyskytnout. Viz Oddíl 6.2.3.2

Obr. 10. Postup klasifikace dopadu na ochranu do hloubky pro zařízení palivového cyklu, výzkumné reaktory, urychlovače, nebo zařízení se zdroji kategorie 1 a pro reaktory, které nejsou na výkonu.



TABULKA 12. PŘÍKLADY ILUSTRUJÍCÍ KRITÉRIA INES PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ V JADERNÝCH ZAŘÍZENÍCH

	Obyvatelé a životní prostředí	Radiační bariéry a opatření v zařízení	Ochrana do hloubky
<b>Velmi těžká havárie Stupeň 7</b>	Černobyl 1986. Rozsáhlý zdravotní a okolní účinky. Vnější únik významné části inventáře aktivní zóny reaktoru		
<b>Těžká havárie Stupeň 6</b>	Kyštym, Rusko, 1957. Významný únik radioaktivních látek do okolí při explozi nádrže s vysokoaktivním odpadem		
<b>Havárie s širšími následky Stupeň 5</b>	Windscale Pile, Velká Británie, 1957. Únik radioaktivních látek do životního prostředí po požáru v aktivní zóně reaktoru	Three Mile Island, USA, 1979. Vážné poškození aktivní zóny reaktoru	
<b>Havárie s místními následky Stupeň 4</b>	Tokaimura, Japonsko, 1999. Smrtelné dávky pracovníků po kritické události v jaderném zařízení	Saint Laurent des Eaux, Francie, 1980. Tavení jednoho palivového kanálu v reaktoru bez úniku do okolí	
<b>Vážná nehoda Stupeň 3</b>	Není k dispozici žádný příklad	Sellafield, Velká Británie, 2005. Únik velkého množství radioaktivní látky obsažené v zařízení	Vandellós, Španělsko, 1989. „Téměř havárie“ způsobená požárem, vedoucím ke ztrátě bezpečnostních systémů v jaderné elektrárně
<b>Nehoda Stupeň 2</b>	Atucha, Argentina, 2005. Pracovník na jaderném reaktoru obdržel dávku vyšší, než je roční limit	Cadarache, Francie, 1993. Rozšíření kontaminace do prostoru nepředpokládaného projektem	Forsmark, Švédsko, 2006. Degradace bezpečnostních funkcí s přídatnými faktory z důvodu poruchy se společnou příčinou v systému havarijního elektrického napájení v jaderné elektrárně.
<b>Anomálie Stupeň 1</b>			Porušení provozních limitů v jaderném zařízení

TABULKA 13. PŘÍKLADY ILUSTRUJÍCÍ INES PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ ZAHRNUJÍCÍCH ZDROJE ZÁŘENÍ A PŘEPRAVU

	Obyvatelé a životní prostředí	Ochrana do hloubky
<b>Velmi těžká havárie Stupeň 7</b>		
<b>Těžká havárie Stupeň 6</b>		
<b>Havárie s širšími následky Stupeň 5</b>	Goiânia, Brazílie, 1987. Čtyři lidé zemřeli a šest obdrželo dávky několik Gy z opuštěného a rozbitého vysokoaktivního zářiče Cs-137	
<b>Havárie s místními následky Stupeň 4</b>	Fleurus, Belgie, 2006. Vážné zdravotní účinky u pracovníka v komerčním ozařovacím zařízení v důsledku vysoké radiační dávky	
<b>Vážná nehoda Stupeň 3</b>	Yanango, Peru, 1999. Nehoda (incident) s defektoskopickým zdrojem vedoucí k vážným radiačním popáleninám.	Ikitelli, Turecko, 1999. Ztráta vysokoaktivního zářiče Co-60
<b>Nehoda Stupeň 2</b>	USA, 2005. Přezáření pracovníka defektoskopie převyšující stanovený roční limit pro pracovníky se zdroji záření	Francie, 1995. Porucha systému pro řízení vstupu v zařízení s urychlovačem
<b>Anomálie Stupeň 1</b>		Krádež měřidla hustoty a vlhkosti

## Příloha I

# VÝPOČET RADIAČNÍHO EKVIVALENTU

### I.1. ÚVOD

Tento dodatek uvádí výpočty pro konverzní koeficienty, které mohou být použity pro uvolněnou aktivitu uvedených radionuklidů k získání aktivity, která může být porovnávána s údaji uvedenými pro  $^{131}\text{I}$ . Pro tuto analýzu byly hodnoty inhalačních koeficientů převzaty z BSS [14], dávkové koeficienty pro pozemní depozici byly převzaty z IAEA-TECDOC-1162 [15]. Obě publikace jsou v současné době aktualizovány, ale je nepravděpodobné, že by tyto aktualizace měly velký dopad na některou z platných hodnot radiačního ekvivalentu uvedených v Tabulce 14.

Zatímco ostatní části tohoto manuálu využívají D hodnot pro porovnání relativního významu různých izotopů, tento dodatek používá jiný přístup. Důvodem je skutečnost, že výpočty hodnot D jsou založeny výhradně na scénářích, které jsou vhodné pouze pro manipulaci a přepravu radionuklidových zářičů. Koeficienty radiačního ekvivalentu, zde vypočtené, používají předpokladů založených na scénářích vhodnějších pro havárie v jaderných zařízeních.

### I.2. METODA

V dalším jsou shrnuty scénáře a metodika.

Pro úniky aktivit do ovzduší byly přidány tyto dvě složky:

- Efektivní dávka pro dospělé obyvatele  $D_{inh}$  z inhalace jednotkové koncentrace ve vzduchu [14], s frekvencí dýchání  $3,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , a
- Efektivní dávka pro dospělé z pozemní depozice radionuklidů, integrované po více než 50 let, včetně uvažovaného promíchání (resuspenze), zvětrávání a pozemní drsnosti [15]. Pozemní depozice je vázána na koncentraci ve vzduchu pomocí depozičních rychlostí ( $V_g$ )  $10^{-2} \text{ m s}^{-1}$  pro elementární jód a  $1,5 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-1}$  u jiných látek. Používána pak je integrovaná dávka za 50 let z jednotky pozemní depozice každého radionuklidu ( $D_{gnd}$  (Sv na  $\text{Bq m}^{-2}$ )).

Dávky požitím (ingescí) nejsou v tomto výpočtu zahrnuty, protože jakýmkoliv významným dávkám jednotlivcům, postiženým havárií, zabrání intervenční (zásahové) úrovně pro potraviny.

Celková dávka ( $D_{tot}$ ) z uvolněné aktivity  $Q$  a časově integrované pozemní složky vzdušné koncentrace radionuklidů  $X$  ( $\text{Bq}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$  na uvolněný Bq) je:

$$D_{tot} = Q \cdot X \cdot (D_{inh} \cdot \text{frekvence dýchání} + V_g \cdot D_{gnd}) .$$

Pro každý radionuklid byl relativní radiační ekvivalent  $^{131}\text{I}$  vypočten jako poměr:

$$D_{tot}/(Q \cdot X).$$

Pro kontaminaci zařízení se bere v úvahu inhalační cesta a inhalační koeficienty pro pracovníky.

### I.3. ZÁKLADNÍ DATA

Inhalační koeficienty pro výpočty byly převzaty z BSS [14], mimo  $U_{\text{nat}}$ , který není v tomto dokumentu uveden. Hodnoty pro  $U_{\text{nat}}$  byly vypočteny jako součet příspěvků od  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$  a jejich hlavní produktů rozpadu, s využitím poměrů  $^{234}\text{U}$  (48,9%),  $^{235}\text{U}$  (2,2%) a  $^{238}\text{U}$  (48,9%). Tam, kde má radionuklid pro plicní absorpci řadu poměrů, byla použita maximální hodnota inhalačního koeficientu s výjimkou uranu, kde jsou všechny koeficienty k dispozici.

Integrované dávky za dobu 50 let z pozemní depozice byly převzaty z dokumentu IAEA-TECDOC-1162 [15].

### I.4. VÝSLEDKY

Konverzní koeficienty použitelné pro kontaminaci zařízení i atmosférický únik se získají vydělením hodnoty pro každý radionuklid hodnotou pro  $^{131}\text{I}$ . Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 14 a 15. Tabulka 16. uvádí výsledky, které by měly být použity v INES (tj. zaokrouhlené na hodnotu s jednou platnou nenulovou číslicí).

TABULKA 14. KOEFICIENTY PRO KONTAMINACI ZAŘÍZENÍ (POUZE INHALACE)

Nuklid	Inhalační koeficient Sv/Bq [14] (pracovníci)	Poměr k <sup>131</sup> I
Am-241	2.70E-05	2454.5
Co-60	1.70E-08	1.5
Cs-134	9.60E-09	0.9
Cs-137	6.70E-09	0.6
H-3	1.80E-11	0.002
I-131	1.10E-08	1.0
Ir-192	4.90E-09	0.4
Mn-54	1.20E-09	0.1
Mo-99	5.60E-10	0.05
P-32	2.90E-09	0.3
Pu-239	3.2E-05	2909.1
Ru-106	3.50E-08	3.2
Sr-90	7.70E-08	7.0
Te-132	3.00E-09	0.3
U-235(S) <sup>a</sup>	6.10E-06	554.5
U-235(M) <sup>a</sup>	1.80E-06	163.6
U-235(F) <sup>a</sup>	6.00E-07	54.5
U-238 (S) <sup>a</sup>	5.70E-06	518.2
U-238(M) <sup>a</sup>	1.60E-06	145.5
U-238 (F)	5.80E-07	52.7
U <sub>nat</sub>	6.25E-06	567.9

<sup>a</sup> Typy plicní absorpce: S-pomalá, M-střední, F-rychlá. V případě nejistoty použijte nejkonzervativnější hodnoty.

TABULKA 15. ATMOSFÉRICKÝ ÚNIK: DÁVKY Z POZEMNÍ DEPOZICE A INHALACE

	Dávkový koeficient pro 50-letou dávku z pozemní depozice [15]	50-letá pozemní depoziční dávka	Dávkový koeficient pro inhalaci [14] (obyvatelé)	Inhalační dávka	Celková dávka	Poměr k <sup>131</sup> I
Nuklid	Sv/Bq.m <sup>-2</sup>	Sv/Bq.m <sup>-3</sup>	Sv/Bq	Sv/Bq.s.m <sup>-3</sup>	Sv/Bq.s.m <sup>-3</sup>	
Am-241	6.40E-06	1.01E-08	9.60E-05	3.17E-08	4.17E-08	8100
Co-60	1.70E-07	2.55E-10	3.10E-08	1.02E-11	2.65E-10	51
Cs-134	5.10E-09	7.65E-11	2.00E-08	6.60E-12	1.43E-11	2.8
Cs-137	1.30E-07	1.95E-10	3.90E-08	1.29E-11	2.08E-10	40
H-3	0.00E+00	0.00E+00	2.60E-10	8.58E-14	8.58E-14	0.020
I-131	2.70E-10	2.70E-12	7.40E-09	2.44E-12	5.14E-12	1.0
Ir-192	4.40E-09	6.60E-09	6.60E-09	2.18E-12	8.78E-12	1.7
Mn-54	1.40E-08	2.10E-11	1.50E-09	4.95E-13	2.15E-11	4.2
Mo-99	6.10E-11	9.15E-14	9.90E-10	3.27E-13	4.18E-13	0.08
P-32	6.80E-12	1.02E-14	3.40E-09	1.12E-12	1.13E-12	0.22
Pu-239	8.50E-06	1.28E-08	1.20E-04	3.96E-08	5.24E-08	10 000
Ru-106	4.80E-09	7.20E-12	6.60E-08	2.18E-11	2.90E-11	5.6
Sr-90	2.10E-08	3.15E-11	1.60E-07	5.28E-11	8.43E-11	16
Te-132	6.90E-10	1.04E-12	2.00E-09	6.60E-13	1.70E-12	0.33
U-235(S) <sup>a</sup>	1.50E-06	2.25E-09	8.50E-06	2.81E-09	5.06E-09	980
U-235(M) <sup>a</sup>	1.50E-06	2.25E-09	3.10E-06	1.02E-09	3.27E-09	640
U-235(F) <sup>a</sup>	1.50E-06	2.25E-09	5.20E-07	1.72E-10	2.42E-09	470
U-238(S) <sup>a</sup>	1.40E-06	2.10E-09	8.00E-06	2.64E-09	4.74E-09	920
U-238(M) <sup>a</sup>	1.40E-06	2.10E-09	2.90E-06	9.57E-10	3.06E-09	590
U-238(F) <sup>a</sup>	1.40E-06	2.10E-09	5.00E-07	1.65E-10	2.27E-09	440
U <sub>nat</sub>	1.80E-06	2.70E-09	1.04E-05	3.42E-09	6.12E-09	1200
Vzácné plyny						Zanedba- telné (efektivně 0)

<sup>a</sup> Typy plicní absorpce: S-pomalá, M-střední, F-rychlá. Pokud si nejste jisti, použijte nejkonzervativnější hodnoty.



TABULKA 16. RADIAČNÍ EKVIVALENT

Nuklid	Konverzní koeficient <sup>a</sup>	
	Kontaminace zařízení	Atmosférický únik
Am-241	2000	8000
Co-60	2	50
Cs-134	0.9	3
Cs-137	0.6	40
H-3	0.002	0.02
I-131	1	1
Ir-192	0.4	2
Mn-54	0.1	4
Mo-99	0.05	0.08
P-32	0.3	0.2
Pu-239	3000	10 000
Ru-106	3	6
Sr-90	7	20
Te-132	0.3	0.3
U-235(S) <sup>b</sup>	600	1000
U-235(M) <sup>b</sup>	200	600
U-235(F) <sup>b</sup>	50	500
U-238(S) <sup>b</sup>	500	900
U-238(M) <sup>b</sup>	100	600
U-238(F) <sup>b</sup>	50	400
U <sub>nat</sub>	600	1000

<sup>a</sup> Konverzní koeficienty jsou zaokrouhleny na jedno významné číslo.

<sup>b</sup> Typy plicní absorpce: S-pomalá, M-střední, F-rychlá. Pokud si nejste jisti, použijte nejkonzervativnější hodnoty.

## Příloha II

**PRAHOVÉ ÚROVNĚ PRO DETERMINISTICKÉ ÚČINKY**

Kritéria související s deterministickými účinky v Oddíle 2.3.1 by se měly týkat pozorovatelných deterministických účinků. Nicméně, pokud není v době klasifikace známo, zda k deterministickému efektu skutečně dojde, mohou být ke stanovení klasifikace, založené na dávce, použity údaje v této příloze.

## II.1. FATÁLNÍ DETERMINISTICKÉ ÚČINKY

Na základě reference [10] je pravděpodobnost akutní smrti z ozáření pro jednotlivé dávky při poskytnutí lékařské pomoci uvedena v Tabulce 17.

## II.2. JINÉ DETERMINISTICKÉ ÚČINKY

Při hodnocení vnějšího ozáření jsou prahové hodnoty vyjádřeny absorbovanou dávkou váženou RBE uvedenou v Tabulce 18. Pro vnitřní ozáření jsou prahové hodnoty vyjádřeny dávkovým úvazkem váženým RBE uvedeným v Tabulce 19. Hodnoty RBE jsou uvedeny v Tabulce 20. Všechny tabulky jsou zjednodušením údajů v IAEA EPR-D-values, 2006 [5].

TABULKA 17. PRAVDĚPODOBNOST FATÁLNÍCH DETERMINISTICKÝCH ÚČINKŮ ZPŮSOBENÝCH PŘEZÁŘENÍM

Krátkodobá celotělová dávka (Gy)	Pravděpodobnost akutního úmrtí z ozáření s lékařským ošetřením (%)
0.5	0
1	0
1.5	< 5
2	< 5
3	15–30
6	50
10	90

TABULKA 18. PRAHOVÉ HODNOTY DÁVEK VÁŽENÝCH RBE  
Z VNĚJŠÍHO OZÁŘENÍ

Ozáření	Účinek	Orgán nebo tkáň	Hodnota prahové úrovně (Gy)
Místní ozáření přilehlým zdrojem	Nekróza měkkých tkání	Měkká tkáň <sup>a</sup>	25
Kontaktní ozáření z povrchové kontaminace	Vlhká deskvamace (olupování kůže)	Škára nebo kůže (pokožka)	10 <sup>c</sup>
Celotělové ozáření vzdáleným zdrojem nebo ponořením	(Poznámka pod čarou b)	Trup	1 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Měkké tkáně na ploše 100 cm<sup>2</sup> a do hloubky cca 0,5 cm pod povrchem těla.

<sup>b</sup> Hodnota je minimální prahovou dávkou pro vývoj závažného deterministického účinku od rovnoměrného ozáření celého těla. Prahová hodnota 1 Gy byla vybrána, protože se jedná o spodní hranici prahové hodnoty pro začátku těžkých deterministických účinků v červené kostní dřeni, štítné žláze, oční čočce a reprodukčních orgánech, jak je uvedeno v Tabulce I-3 publikace IAEA-TECDOC-1432 [8].

<sup>c</sup> Za vážný deterministický zdravotní účinek je považováno ozáření nejméně 100 cm<sup>2</sup> kůže touto úrovní. Dávka je na kožní strukturu v hloubce 40 mg/cm<sup>2</sup> (nebo 0,4 mm) pod povrchem.

TABULKA 19. PRAHOVÉ HODNOTY DÁVKOVÉHO ÚVAZKU VÁŽENÉHO RBE  
Z VNITŘNÍHO OZÁŘENÍ

Expoziční cesta	Účinek	Cílový orgán nebo tkáň	Prahová úroveň	
			Hodnota (Gy)	Období úvazku (den) (Poznámka pod čarou d)
Vdechování a požití (inhalace a ingesce)	Krvetvorný („haematopoietic „) syndrom	Červená kostní dřeň <sup>a,b</sup> ,	0.2 <sup>c</sup> 2 <sup>d</sup>	30
Vdechnutí	Pneumonitida	(„alveolar – interstitial“) alveolární (plicní sklípek) intersticiální oblast nebo respirační (dýchací) trakt	30	30
Vdechování a požití (inhalace a ingesce)	Gastrointestinální syndrom	Tlusté střevo	20	30
Vdechování a požití (inhalace a ingesce)	Zvýšená činnost štítné žlázy (hypotyreóza)	Štítná žláza	2 <sup>e</sup>	365 <sup>f</sup>

<sup>a</sup>Pro případy podpůrné léčebné péče.

<sup>b</sup>Radionuklidy se  $Z \geq 90$  mají při porovnání s radionuklidy se  $Z \leq 89$  odlišný biokinetický proces, takže mají i různé dynamiky tvorby dávky v červené kostní dřeni v důsledku vnitřního ozáření. Radionuklidy byly proto rozděleny do dvou skupin, aby se zabránilo nadměrnému konzervatismu při hodnocení rizika těchto zdravotních účinků.

<sup>c</sup>Pro radionuklidy se  $Z \geq 90$ .

<sup>d</sup>Pro radionuklidy se  $Z \leq 89$ .

<sup>e</sup>Byla použita hodnota z přílohy A z ref. [9].

<sup>f</sup>Uvažujeme-li biologické a fyzikální poločasy radionuklidů, které vedou k významným dávkám na štítnou žlázu (izotopy I a Te), pak tyto dávkové koeficienty byly ve skutečnosti pro období úvazku mnohem menší než 365 dní, nicméně k této referenční úrovni je přiřazeno období úvazku 365 dní

TABULKA 20. RBE POUŽÍVANÉ PRO VÁŽNÉ DETERMINISTICKÉ ZDRAVOTNÍ ÚČINKY

Účinek na zdraví	Kritický orgán	Ozáření <sup>a</sup>	RBE
Krvetvorný syndrom	Červené dřeň	Vnější $\gamma$	1
		Vnější $n^0$	3
		Vnitřní $\beta, \gamma$	1
		Vnitřní $\alpha$	2
Pneumonitida	Plíce	Vnitřní $\beta, \gamma$	1
		Vnitřní $\alpha$	7
Gastrointestinální syndrom	Tlusté střevo	Vnitřní $\beta, \gamma$	1
		Vnitřní $\alpha$	0 <sup>c</sup>
		Vnější $n^0$	3
Vlhká deskvamace	Pokožka <sup>d</sup>	Vnější $\beta, \gamma$	1
Akutní radiační tyreoiditida (zánět štítné žlázy)	Štítná žláza	Příjem některých izotopů jódu <sup>e</sup>	0,2
		Ostatní izotopy přijímané štítnou žlázou („seekers“)	1
Nekróza	Měkká tkáň <sup>f</sup>	Vnější $\beta, \gamma$	1

<sup>a</sup> Vnější ozáření  $\beta, \gamma$  zahrnuje dávky s brzdným zářením vzniklým ve zdrojových materiálech.

<sup>b</sup> Pro případy s podpůrnou léčbou.

<sup>c</sup> Pro alfa-zářiče rovnoměrně rozložené v obsahu tlustého střeva se předpokládá, že ozáření stěny střeva, je zanedbatelné.

<sup>d</sup> Pro kůži o ploše 100 cm<sup>2</sup>, která je považována za život ohrožující [9], by měla být dávka na kůži vypočtena pro hloubku 0,4 mm, jak doporučuje ref. [10], para. (305), (306) a (310), ref. [11] a Oddíl 3.4.1 v ref. [12].

<sup>e</sup> Předpokládá se, že rovnoměrné ozáření kritické tkáně štítné žlázy by mělo být pětikrát více pravděpodobné, aby vyvolalo deterministické zdravotní účinky, než vnitřní ozáření nízkoenergetických izotopů jódu-betazářičů, jako je <sup>131</sup>I, <sup>129</sup>I, <sup>125</sup>I, <sup>124</sup>I a <sup>123</sup>I [9]. Radionuklidy působící na štítnou žlázu mají na tkáni štítné žlázy heterogenní distribuci. Jod-131 emituje  $\beta$  částice s nízkou energií, což vede ke snížení účinnosti ozáření kritických tkání štítné žlázy v důsledku rozptýlení jejich energie v jiných tkáních.

<sup>f</sup> Tkáň v hloubce 0,5 cm pod povrchem těla na ploše větší než 100 cm<sup>2</sup> má za následek těžké deterministické účinky [8, 13].

## Příloha III

**D HODNOTY PRO ŘADU ISOTOPŮ**

Informace jsou převzaty z IAEA Kategorizace radionuklidových záříčů [1]. V této publikaci a v ní odkazovaných referencích [5] jsou uvažovány dva typy hodnot D. D hodnoty jsou takové úrovně aktivity, nad nimiž je zdroj považován za 'nebezpečný' a má značný potenciál způsobit vážné deterministické účinky, jestliže se s ním nezachází bezpečně a není zabezpečen.

Hodnota  $D_1$  je aktivita radionuklidu v záříči, který v případě, že není pod kontrolou, ale není rozptýlen (tedy zůstává zapouzdřený), může vyústit v mimořádnou událost, při které by se dalo důvodně očekávat, že způsobí vážné deterministické zdravotní účinky.

Hodnota  $D_2$  je "aktivita radionuklidu v záříči, který v případě, že není pod kontrolou a je rozptýlen, může vyústit v mimořádnou událost, při které by se dalo důvodně očekávat, že způsobí vážné deterministické zdravotní účinky".

Doporučené hodnoty D jsou pak ty nejvíce limitující z hodnot  $D_1$  a  $D_2$ .

Abychom byli v souladu s tímto přístupem, jsou v této příloze uvedeny dvě sady hodnot D. Pro Oddíl 2, kde jsou kritéria týkající se rozptýlené látky, jsou použity hodnoty  $D_2$  (Tabulka 21). Pro Oddíl 4, kde se kritéria týkají ochrany do hloubky, by měly být použity celkové hodnoty D (Tabulka 22).

III.1. HODNOTY  $D_2$  PRO RADIONUKLIDY K POUŽITÍ PRO KRITÉRIA V ODDÍLE 2TABULKA 21.  $D_2$  HODNOTY PRO ISOTOPY

Radionuklid	$D_2$ (TBq)
Am-241	6.E-02
Am-241/Be	6.E-02
Au-198	3.E+01
Cd-109	3.E+01
Cf-252	1.E-02
Cm-244	5.E-0



TABULKA 21. D<sub>2</sub> HODNOTY PRO ŘADU IZOTOPŮ (pokr.)

Radionuklid	D <sub>2</sub> (TBq)
Co-57	4.E+02
Co-60	3.E+01
Cs-137	2.E+01
Fe-55	8.E+02
Gd-153	8.E+01
Ge-68	2.E+01
H-3	2.E+03
I-125	2.E-01
I-131	2.E-01
Ir-192	2.E+01
Kr-85	2.E+03
Mo-99	2.E+01
Ni-63	6.E+01
P-32	2.E+01
Pd-103	1.E+02
Pm-147	4.E+01
Po-210	6.E-02
Pu-238	6.E-02
Pu-239/Be	6.E-02
Ra-226	7.E-02
Ru-106(Rh-106)	1.E+01
Se-75	2.E+02
Sr-90(Y-90)	1.E+00
Tc-99m	7.E+02
Tl-204	2.E+01
Tm-170	2.E+01
Yb-169	3.E+01

III.2. HODNOTY D PRO RADIONUKLIDY PRO POUŽITÍ S KRITÉRII UVEDENÝMI  
V ODDÍLE 4

TABULKA 22. D HODNOTY PRO ISOTOPY

Radionuklid	D (TBq)
Am-241	6.E-02
Am-241/Be	6.E-02
Au-198	2.E-01
Cd-109	2.E+01
Cf-252	2.E-02
Cm-244	5.E-02
Co-57	7.E-01
Co-60	3.E-02
Cs-137	1.E-01
Fe-55	8.E+02
Gd-153	1.E+00
Ge-68	7.E-01
H-3	2.E+03
I-125	2.E-01
I-131	2.E-01
Ir-192	8.E-02
Kr-85	3.E+01
Mo-99	3.E-01
Ni-63	6.E+01
P-32	1.E+01
Pd-103	9.E+01
Pm-147	4.E+01
Po-210	6.E-02
Pu-238	6.E-02
Pu-239/Be	6.E-02
Ra-226	4.E-02
Ru-106(Rh-106)	3.E-01
Se-75	2.E-01
Sr-90(Y-90)	1.E+00
Tc-99m	7.E-01
Tl-204	2.E+01
Tm-170	2.E+01
Yb-169	3.E-01

### III.3. VÝPOČET SOUHRNNÉ HODNOTY

Souhrnná hodnota D by se měla počítat tam, kde se jedná o větší počet radionuklidových zářičů nebo radioaktivních zásilek. Na základě návodu v „Kategorizaci radionuklidových zářičů“ (Categorization of Radioactive Sources) [1], a „Pravidel pro bezpečnou přepravu radioaktivních látek“ (Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material) [6], se celková hodnota vypočítá jako:

$$1/D = \sum f_i/D_i$$

kde D je celková hodnota D,  $f_i$  je podíl i-tého izotopu a  $D_i$  je hodnota D pro i-tý izotop,

nebo

$$A/D = \sum A_i/D_i$$

kde A je celková aktivita a  $A_i$  je aktivita izotopu.

## Příloha IV

**KATEGORIZACE RADIONUKLIDOVÝCH ZÁŘIČŮ ZALOŽENÁ NA ČINNOSTI**

Informace jsou převzaty z PUBLIKACE MAAE „Kategorizace radionuklidových zářičů“ [1].

TABULKA 23. KATEGORIZACE ČINNOSTÍ

Kategorie	Kategorizace činností	Typické izotopy
1	Radioizotopové termoelektrické generátory (RTGS)	Sr-90, Pu-238
	ozařovače	Co-60, Cs-137
	Teleterapie	Co-60, Cs-137
	Fixní, multi-paprsková teleterapie (gama nůž)	Co-60
2	Defektoskopie	Co-60, Se-75, Ir-192, Yb-169, Tm-170
	Brachyterapie s vysokými/středními dávkovými příkony	Co-60, Cs-137, Ir-192
3	Stabilní průmyslová měřidla:	
	Hladinoměry	Co-60, Cs-137
	Drapáková měřidla	Co-60, Cs-137
	Dopravníková měřidla obsahující vysokoaktivní zářiče	Cs-137, Cf-252
	Vřetenová potrubní měřidla	Cs-137
	Karotážní měřidla	Am-241/Be, Cs-137, Cf-252
4	Brachyterapie s nízkým dávkovým příkonem (s výjimkou očních aplikátorů a trvale implantovaných zářičů)	I-125, Cs-137, Ir-192, Au-198, Ra-226, Cf-252
	Tloušťkoměry a hladinoměry	Kr-85, Sr-90, Cs-137, Am-241, Pm-147, Cm-244
	Přenosná měřidla (např. vlhkoměry a hustoměry)	Cs-137, Ra-226, Am-241/Be, Cf-252
	Kostní denzitometry	Cd-109, I-125, Gd-153, Am-241

	eliminátory statické elektřiny	Po-210, Am-241
5	Brachyterapie s nízkým dávkovým příkonem - oční aplikátory a trvale implantované zářiče	Sr-90, Ru/Rh-106, Pd-103
	Rentgenové fluorescenční přístroje	Fe-55, Cd-109, Co-57
	Přístroje využívající záchyt elektronů	Ni-63, H-3
	Mossbauerovy spektrometry	Co-57
	Kontrolní zdroje pro pozitronovou emisní tomografii (PET)	Ge-68

## REFERENCE

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Categorization of Radioactive Sources, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.9, IAEA, Vienna (2005).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The International Nuclear Event Scale (INES) User's Manual, 2001 Edition, IAEA, Vienna (2001).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Rating of Transport and Radiation Source Events: Additional Guidance for the INES National Officers, Working Material, IAEA-INES WM 04/2006, IAEA, Vienna (2006).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Clarification for Fuel Damage Events, Working Material, IAEA-INES WM/03/2004, IAEA, Vienna (2004).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Dangerous Quantities of Radioactive Material (D-Values), Emergency Preparedness and Response, EPR-D-Values-2006, IAEA, Vienna (2006).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material — 2005 Edition, IAEA Safety Standards Series No. TS-R-1, IAEA, Vienna (2005).
- [7] INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP, Safety Culture, Safety Series No. 75-INSAG-4, IAEA, Vienna (1992).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Development of an Extended Framework for Emergency Response Criteria: Interim Report for Comment, IAEA-TECDOC-1432, IAEA, Vienna (2006).
- [9] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Health Effects Models for Nuclear Power Plant Accident Consequence Analysis, Low LET Radiation, Rep. NUREG/CR-4214, Rev.1, Part II SAND85-7185, NRC, Washington, DC (1989).
- [10] HOPEWELL, J.W., Biological Effects of Irradiation on Skin and Recommendation Dose Limits, *Radiat. Prot. Dosimetry* **39**, 1/3 (1991) 11–24.
- [11] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, The Biological Basis for Dose Limitation in the Skin, Publication 59, Ann ICRP **22**, 2. Pergamon Press, Oxford (1991).
- [12] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Dosimetry of External Beta Rays for Radiation Protection, ICRU Report 56, ICRU, Bethesda, MD (1996).
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Safety Reports Series No. 2, IAEA, Vienna (1998).
- [14] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).
- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency, IAEA-TECDOC-1162, IAEA, Vienna (2000).
- [16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA Safety Glossary: Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection (2007 Edition), IAEA, Vienna (2007).
- [17] INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP, Defence in Depth in Nuclear Safety, INSAG-10, IAEA, Vienna (1996).
- [18] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants, Safety Series No. 75-INSAG-3, IAEA, Vienna (1999).
- [19] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources, IAEA, Vienna, (2004).



## Dodatek I

### OCHRANA DO HLOUBKY

Často se říká, že bezpečný provoz jaderných elektráren je zajištěn udržením tří základních bezpečnostních funkcí:

- (1) řízení reaktivity;
- (2) chlazení paliva;
- (3) zádržný systém (confinement)

Toto se může obecně uplatnit na bezpečný provoz všech činností, které zahrnují použití radioaktivních látek s tvrzením, že bezpečnost provozu je zajištěna tím, že udržuje tři základní bezpečnostní funkce:

- (1) řízení reaktivity nebo podmínek procesu;
- (2) chlazení radioaktivních látek;
- (3) radiační kontrola (např. zádržný systém radioaktivních látek a stínění).

Pro některé činnosti nejsou všechny tyto bezpečnostní funkce relevantní (např. pro defektoskopii je relevantní pouze třetí funkce).

Každá z těchto bezpečnostních funkcí je zajištěna dobrým projektem, dobře řízeným provozem a řadou systémových a administrativních opatření. Přístup ochrany do hloubky je obecně aplikován na každý z těchto aspektů, přičemž je tolerována možnost selhání techniky, lidského faktoru a výskyt neplánovaného vývoje situace.

Ochrana do hloubky je tedy kombinací konzervativního projektu, zajištění jakosti, sledování stavu, nápravných opatření a obecné kultury bezpečnosti, která posiluje každou z následujících úrovní.

Ochrana do hloubky je základem pro navrhování a provozování velkých jaderných a radiačních zařízení. V dokumentu IAEA Safety Series No. 75-INSAG-3 [I-1], Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants (Základní bezpečnostní zásady pro jaderné elektrárny), se uvádí:

*"Koncepte ochrany do hloubky je implementována ke kompenzování potenciálního selhání lidí a techniky a soustřeďuje se na několik úrovní ochrany, včetně postupně následujících bariér bránících úniku radioaktivních látek do životního prostředí. Koncepte zahrnuje ochranu bariér, bránících poškození zařízení (elektrárny) a bariér samotných. Zahrnuje i další opatření na ochranu obyvatel a životního prostředí před poškozením v případě, že tyto bariéry nejsou plně účinné."*

Ochranu do hloubky lze uvažovat mnoha různými způsoby. Například můžeme uvažovat mnoho překážek, které brání úniku (např. palivo, pokrytí, tlaková nádoba, ochranná obálka - kontejnment). Stejně tak lze uvažovat několik systémů, které by musely selhat dříve, než by mohlo dojít k havárii (např. ztráta vnějšího napájení se současnou poruchou všech základních dieselgenerátorů). Tento druhý přístup je přijat v rámci klasifikačního postupu INES.

V rámci bezpečnostního odůvodnění zařízení mohou být provozní systémy odlišeny od bezpečnostních opatření. Pokud provozní systém selže, budou fungovat další bezpečnostní opatření tak, aby byla zachována bezpečnostní funkce. Bezpečnostními opatřeními mohou být buď postupy, administrativní opatření nebo pasivní a aktivní

systémy, které jsou obvykle používány s redundancí (zálohou) a jejich pohotovost je kontrolována limity a podmínkami provozu.

Frekvence vyvolání bezpečnostních opatření je minimalizována dobrým projektem, provozem, údržbou a sledováním stavu. Příkladem je frekvence selhání primárního okruhu reaktoru, nebo klíčových potrubí a nádob v závodě na přepracování, která je minimalizována takovými skutečnostmi, jako jsou projektové hranice, řízení kvality, provozní omezení a sledování stavu. Podobně je frekvence přechodných procesů v reaktoru minimalizována provozními postupy a kontrolními systémy. Normální provozní a ovládací systémy přispívají k minimalizaci četnosti vyvolání bezpečnostních opatření.

INSAG-10 [I-2] (napsaný pro rozvoj INES) poskytuje o realizaci ochrany do hloubky v oblasti projektování a provozu mnohem podrobnější informace. Tabulka I-1 ukazuje, jak je toto pojetí popsáno v INSAG-10 začleněno do hodnocení ochrany do hloubky v INES.

### Reference k Dodatku I

- [I-1] INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP, Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants, Safety Series No. 75-INSAG-3, IAEA, Vienna (1999).
- [I-2] INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP, Defence in Depth in Nuclear Safety, INSAG-10, IAEA, Vienna (1996).

TABULKA I-1. OCHRANA DO HLOUBKY V PROJEKTU A PROVOZU

Předmět	Prostředky implementace	Zpracování v rámci INES	
		Pro energetické reaktory (Oddíl 5)	Pro ostatní zařízení (Oddíl 6)
Prevence abnormálního provozu a poruch	Konzervativní projekt a vysoká kvalita při výstavbě a provozu.	Zohledněno tím, že se uvažuje pravděpodobnost iniciátoru.	Každý dobře navržený systém je považován za jeden nebo více bezpečnostních vrstev.
Kontrola (řízení) abnormálního provozu a detekce poruch	Kontroly, omezující a ochranné systémy a další prvky sledování stavu	Prvky kontroly a sledování stavu jsou zohledněny při uvažování pravděpodobnosti iniciátoru. Ochranné systémy jsou zahrnuty jako bezpečnostní systémy, a tedy zohledněny tím, že se zvažuje provozuschopnost bezpečnostních funkcí.	Uvažovány jsou jedna nebo více bezpečnostních vrstev.
Kontrola a řízení havárií v rámci projektových havárií („Design basis“)	Systém ochrany bloku (ESF – Engineered Safety Features) a havarijní postupy	Řeší se tím, že se zvažuje funkčnost bezpečnostních funkcí	Uvažovány jsou jedna nebo více bezpečnostních vrstev
Kontrola vážných podmínek elektrárny včetně prevence rozvoje havárie a zmírnění následků vážných havárií	Doplňující opatření a havarijní management	Řeší se tím, že se zvažuje funkčnost bezpečnostních funkcí	Uvažovány jsou jedna nebo více bezpečnostních vrstev
Zmírnění radiačních následků významného úniku radioaktivních látek	Havarijní odezva mimo lokalitu	Nepovažuje se jako součást ochrany do hloubky. Tyto akce ovlivní skutečné následky tak, jak se uvažuje v předchozích Oddílech manuálu INES	Nepovažuje se jako součást ochrany do hloubky. Tyto akce ovlivní skutečné následky tak, jak se uvažuje v předchozích Oddílech manuálu INES

## Dodatek II

# PŘÍKLADY INICIÁTORŮ A JEJICH FREKVENCE

Každý reaktor má svůj vlastní seznam a klasifikaci iniciátorů jako součást jeho bezpečnostního oprávnění. Tento Dodatek uvádí některé typické příklady základních projektových iniciátorů, které byly v minulosti použity pro energetické reaktory, kategorizované do skupin „Očekávané“, „Možné“ a „Nepravděpodobné“.

### II-1. TLAKOVODNÍ REAKTORY (PWR A VVER)

#### II.-1.1. Kategorie 1 „Očekávané“

- Rychlé odstavení reaktoru;
- Neřízené ředění primárního chladiva;
- Ztráta průtoku napájecí vody;
- Pokles tlaku chladicího systému reaktoru v důsledku neřízeného fungování aktivní komponenty (např. pojišťovacího nebo odlehčovacího ventilu);
- Neřízený pokles tlaku v chladicím systému v důsledku vstřiku (normálního či pomocného) v kompenzátoru objemu;
- Netěsnost v systému přeměny energie, která by nezabránila řízenému odstavení reaktoru a dochlazení;
- Netěsnost trubky parního generátoru větší než povolená limity a podmínkami provozu, ale menší než při úplném prasknutí trubky;
- Netěsnost chladicího systému reaktoru, která by nezabránila řízenému odstavení reaktoru a dochlazení;
- Ztráta vnějšího elektrického napájení elektrárny, včetně poruch napětí a frekvence v síti;
- Provoz s palivovým souborem v obrácené nebo chybné poloze;
- Neřízené vytažení jedné regulační kazety při výměně paliva;
- Malá nehoda při manipulaci s palivem;
- Úplná ztráta, či přerušování nuceného oběhu chladiva reaktoru s výjimkou zadřené rotory oběhového čerpadla.

#### II.1.2. Kategorie 2 „Možné“

- Malá havárie se ztrátou chladiva (malá LOCA - small Loss Of Coolant Accident);
- Úplné prasknutí jedné trubky parního generátoru;
- Pád kazety s vyhořelým palivem, zahrnující jen spadlou kazetu;
- Únik z bazénu vyhořelého paliva větší než kapacita normálního doplňování;
- Vyprazdňování chladiva z reaktoru přes více pojišťovacích nebo odlehčovacích ventilů.

#### II.1.3. Kategorie „Nepravděpodobné“

- Velká LOCA s rozsahem až do (včetně) prasknutí největšího předpokládaného potrubí v okruhu reaktorového chladiva;
- Vystřelení jednoho regulačního elementu;
- Prasknutí velkého potrubí v systému přeměny energie, včetně prasknutí největšího předpokládaného potrubí;
- Pád kazety s vyhořelým palivem na jiné kazety s vyhořelým palivem.

### II-.2. VARNÉ REAKTORY

### II.-2.1. Kategorie 1 „Očekávané“

- Rychlé odstavení reaktoru;
- Neřízené vytažení řídicí tyče při provozu reaktoru na výkonu;
- Ztráta průtoku napájecí vody;
- Porucha řízení tlaku reaktoru;
- Netěsnost hlavního parního systému;
- Netěsnost systému reaktorového chladiva, která by nezabránila řízenému odstavení reaktoru a dochlazení;
- Ztráta vnějšího elektrického napájení, včetně poruch napětí a frekvence v síti;
- Provoz s palivovým souborem v obrácené nebo chybné poloze;
- Neřízené vytažení jednoho regulačního souboru při výměně paliva;
- Malá nehoda při manipulaci s palivem;
- Ztráta nuceného oběhu chladiva v reaktoru.

### II.-2.2. Kategorie 2 „Možné“

- Malá LOCA;
- Prasknutí hlavního parního potrubí;
- Pád kazety s vyhořelým palivem, zahrnující pouze spadlou kazetu;
- Únik z bazénu vyhořelého paliva větší než kapacita normálního doplňování;
- Vyprazdňování chladiva z reaktoru přes více pojišťovacích, či odlehčovacích ventilů.

### II.-2.3. Kategorie 3 „Nepravděpodobné“

- Velká LOCA s rozsahem až do (včetně) prasknutí největšího předpokládaného potrubí v okruhu reaktorového chladiva;
- Pád jedné regulační tyče;
- Velké prasknutí hlavního parního potrubí;
- Pád kazety s vyhořelým palivem na jiné kazety s vyhořelým palivem.

## II.3. TĚŽKOVODNÍ (TLAKOVÉ) REAKTORY CANDU

### II.3.1. Kategorie 1 „Očekávané“

- Rychlé odstavení reaktoru;
- Neřízené ředění (chemické) primárního chladiva;
- Ztráta průtoku napájecí vody;
- Ztráta řízení tlaku reaktorového chladiva (vysokého či nízkého), způsobená poruchou nebo neřízenou činností aktivní komponenty (např. regulačního, odpouštěcího nebo odlehčovacího ventilu);
- Netěsnost trubky parního generátoru větší než je povolena předpisy pro provoz elektrárny, ale menší než při úplném prasknutí trubky;
- Netěsnost chladicího systému reaktoru, která by nezabránila řízenému odstavení reaktoru a dochlazení;
- Netěsnost v systému přeměny energie, která by nezabránila řízenému odstavení reaktoru a dochlazení;
- Ztráta vnějšího elektrického napájení elektrárny včetně poruch napětí a frekvence v síti;
- Provoz s palivovým článkem (články) v chybné pozici;
- Malá nehoda při manipulaci s palivem;
- Výpadek oběhového čerpadla reaktorového chladiva;
- Ztráta průtoku napájecí vody v jednom či více parních generátorech;
- Zablokování průtoku v jednotlivém kanálu (méně než 70 %);
- Ztráta chlazení moderátoru;

- Výpadek řídicího počítače;
- Neplánovaný místní vzrůst reaktivity.

### II.-3.2. Kategorie 2 „Možné“

- Malá LOCA (včetně prasknutí tlakové trubky);
- Úplné prasknutí jedné trubky parního generátoru;
- Vyprazdňování chladiva z reaktoru přes více pojišťovacích či odlehčovacích ventilů;
- Poškození vyhořelého paliva nebo ztráta chlazení zavážecího stroje, který obsahuje vyhořelé palivo;
- Netěsnost bazénu vyhořelého paliva, která je větší než kapacita normálního doplňování;
- Prasknutí potrubí napájecí vody;
- Zablokování průtoku v jednotlivém kanálu (více než 70 %);
- Porucha spojená s moderátorem;
- Ztráta chlazení koncového stínění;
- Porucha chlazení při odstávce;
- Neplánovaný vzrůst reaktivity po průřezu;
- Ztráta technické vody (nizkotlaké, vysokotlaké technické vody nebo necirkulované chladicí vody);
- Ztráta vzduchu pro instrumentaci;
- Ztráta vnitřního elektrického napájení (třída IV, III, II nebo I).

### II.-3.3. Kategorie 3 „Nepravděpodobné“

- Velká LOCA s rozsahem až do (včetně) prasknutí největšího předpokládaného potrubí v okruhu reaktorového chladiva;
- Velké prasknutí trubky až do (včetně) prasknutí největšího předpokládaného potrubí v systému přeměny energie.

## II.-4. REAKTORY RBMK (LWGR – Light Water Graphite Reactor)

### II.-4.1. Kategorie 1 „Očekávané“

- Rychlé odstavení reaktoru;
- Selhání systému neutronového řízení výkonu reaktoru;
- Ztráta/výpadek průtoku napájecí vody,
- Pokles tlaku chladicího systému reaktoru (primárního okruhu) v důsledku neřízené činnosti aktivní komponenty (např. pojišťovacího či odlehčovacího ventilu);
- Netěsnost primárního okruhu, která by nezabránila normálnímu odstavení reaktoru a dochlazení;
- Snížený průtok chladiva ve skupině palivových kanálů a v kanálech systému ochrany reaktoru;
- Snížení průtoku směsi hélia v grafitových blocích reaktoru;
- Ztráta/výpadek vnějšího elektrického napájení elektrárny, včetně poruch napětí a frekvence v síti;
- Provoz s palivovým souborem v obrácené nebo chybné poloze;
- Malá nehoda při manipulaci s palivem;
- Ztráta tlaku v palivovém kanálu během výměny paliva.



#### II.-4.2. Kategorie 2 „Možné“

- Malá LOCA;
- Pád kazety s vyhořelým palivem;
- Netěsnost bazénu vyhořelého paliva větší, než je kapacita normálního doplňování;
- Únik primárního chladiva přes více pojišťovacích či odlehčovacích ventilů;
- Prasknutí palivového kanálu nebo kanálu systému ochrany reaktoru;
- Ztráta průtoku vody v palivovém kanálu;
- Ztráta průtoku vody v okruhu chlazení systému ochrany reaktoru;
- Úplná ztráta průtoku směsi hélia v grafitových blocích;
- Havárie za provozu naloženého zavážecího stroje;
- Úplná ztráta pomocného napájení;
- Nepovolené dodání studené vody do reaktoru ze systému nouzového chlazení aktivní zóny (ECCS – Emergency Core Cooling System).

#### II.-4.3. Kategorie 3 „Nepravděpodobné“

- Velká LOCA s rozsahem až do (včetně) prasknutí největšího předpokládaného potrubí v okruhu reaktorového chladiva;
- Prasknutí hlavního parovodu před oddělovacím ventilem hlavního parovodu, zahrnující i prasknutí největšího předpokládaného potrubí;
- Pád vyhořelého palivového souboru na jiné vyhořelé palivové soubory;
- Úplná ztráta průtoku technické vody;
- Vystřelení palivového souboru (kazety) z palivového kanálu včetně takového vystřelení, kdy je palivový soubor v zavážecím stroji.

### II.5. PLYNEM CHLAZENÉ REAKTORY

#### II.-5.1. Kategorie 1 „Očekávané“

- Rychlé odstavení reaktoru;
- Ztráta průtoku napájecí vody;
- Velmi malá ztráta tlaku;
- Netěsnost trubky výparníku;
- Ztráta vnějšího elektrického napájení elektrárny včetně poruch napětí a frekvence v síti;
- Neřízené vytažení jedné nebo více řídicích tyčí;
- Malá nehoda při manipulaci s palivem;
- Narušení nebo přerušování nucené cirkulace plynu.

#### II.-5.2. Kategorie 2 „Možné“

- Malá ztráta tlaku;
- Neřízené vytažení skupiny řídicích tyčí;
- Úplné prasknutí trubky výparníku;
- Pád palivového souboru („fuel stringer“) (pouze reaktory typu AGR);
- Uzavření vstupních lopatek dmyhadla (pouze reaktory typu AGR);
- Poruchy těsnících uzávěrů (pouze reaktory typu AGR).

#### II.-5.3. Kategorie 3 „Nepravděpodobné“

- Velká ztráta tlaku;
- Porucha parovodu;
- Porucha potrubí napájecí vody.

### Dodatek III

## SEZNAM ČLENSKÝCH ZEMÍ A ORGANIZACÍ

Argentina	Litva
Arménie	Luxemburg
Austrálie	Maďarsko
Bangladéš	Makedonie
Belgie	Mexiko
Bělorusko	Montenegro
Brazílie	Německo
Bulharsko	Nizozemí
Česká republika	Norsko
Čína	Pákistán
Dánsko	Peru
Demokratická republika Kongo	Polsko
Egypt	Portugalsko
Finsko	Rakousko
Francie	Rumunsko
Guatemala	Ruská federace
Chile	Řecko
Chorvatsko	Saudská Arábie
Indie	Slovensko
Irsko	Slovinsko
Islámská republika Irán	Spojené království Velké Británie a Severního Irska
Island	Spojené státy americké
Itálie	Srí Lanka
Japonsko	Šyrská arabská republika
Jižní Afrika	Španělsko
Kanada	Švédsko
Kazachstán	Švýcarsko
Korejská republika	Turecko
Kostarika	Ukrajina
Kuvajt	Vietnam
Libanon	

#### MEZINÁRODNÍ SPOJENÍ

Evropská komise  
Evropské atomové fórum (Foratom)  
Světová asociace jaderných operátorů (WANO-World Association of Nuclear Operators)  
Světová jaderná asociace (World Nuclear Association)

## SLOVNÍK

Tato sekce obsahuje definice důležitých slov nebo frází používaných v této příručce. Mnohé z nich jsou převzaty ze Základních bezpečnostních norem (**Basic Safety Standards** [14]) a Bezpečnostních definic MAAE (**IAEA Safety Glossary** [16]). V mnoha případech je v tomto manuálu podrobnější vysvětlení.

**absorbovaná dávka (absorbed dose).** Základní dozimetrická veličina  $D$ , definovaná jako:

$$D = d\varepsilon/dm$$

kde „ $d\varepsilon$ “ je střední energie sdělená ionizujícím zářením látce o hmotnosti „ $dm$ “. Jednotkou absorbované dávky v soustavě SI je joule na kilogram ( $J\ kg^{-1}$ ), nazývaná gray (Gy) [14].

**absorbovaná dávka vážená RBE (RBE weighted absorbed dose).** Součin absorbované dávky v orgánu nebo tkáni a relativní biologické účinnosti (RBE) záření způsobujícího dávku:

$$AD_T = \sum_R D_T^R \times RBE_T^R$$

kde  $D_T^R$  je dávka na orgán ze záření  $R$  ve tkáni  $T$  a  $RBE_T^R$  je relativní biologická účinnost záření  $R$ , vyvolávající konkrétní účinek v jednotlivém orgánu nebo tkáni  $T$ . Jednotka absorbované dávky vážené RBE je  $J\ kg^{-1}$ , nazvaný gray-ekvivalent (Gy-Eq). Absorbovaná dávka vážená RBE je určena pro zohlednění rozdílů v biologické účinnosti vzniku deterministických účinků v orgánech nebo tkáních referenčního jednotlivce působením záření s různým lineárním přenosem energie (LET – linear energy transfer) [5].

**autorizovaný limit (authorized limit).** Limit měřitelné veličiny (včetně funkčnosti zařízení) stanovený nebo formálně přijatý dozorným orgánem (někdy jsou tyto limity stanoveny v rámci takzvaných Limitů a podmínek provozu – LaP (*Operational Limits and Conditions – OL & C*)).

**bezpečnostní funkce (safety functions).** Tři základní bezpečnostní funkce jsou: (a) řízení reaktivity nebo podmínek procesu, (b) chlazení radioaktivních látek, (c) zádržný systém radioaktivních látek.

**bezpečnostní opatření (safety provisions).** Bezpečnostní opatření mohou být buď postupy, administrativní opatření, nebo pasivní nebo aktivní systémy, které jsou obvykle redundantní a jejich použitelnost je kontrolována limity a podmínkami provozu.

**bezpečnostní případ (safety case).** Shromažďování argumentů a důkazů na podporu bezpečnosti zařízení nebo činnosti.

**bezpečnostní systémy (safety systems).** Systémy důležité pro bezpečnost, které jsou k dispozici pro zajištění bezpečnostních funkcí.

**bezpečnostní vrstva s vysokou integritou (high integrity safety layer).** Bezpečnostní vrstva s vysokou integritou má všechny tyto vlastnosti:

- (a) Bezpečnostní vrstva je navržena tak, aby zvládla všechny projektové poruchy, a je explicitně nebo implicitně uznána v bezpečnostním ověření jaderného zařízení (plant safety justification), jako vyžadující zvlášť vysokou spolehlivost nebo integritu.
- (b) Integrita bezpečnostní vrstvy je zajištěna pomocí vhodného monitorování nebo inspekce tak, že je zjištěno jakékoliv porušení integrity.
- (c) Pokud je zjištěno jakékoliv porušení vrstvy, existují jasné prostředky na zvládnutí události a na zavedení nápravných opatření, ať už předem určenými postupy nebo dlouhodobými dostupnými postupy, opravujícími nebo zmírňujícími poruchu.

**bezpečnostní vrstvy (safety layers).** Pasivní systémy, automaticky nebo ručně uváděné do činnosti (iniciované) bezpečnostní systémy nebo administrativní opatření, které zajišťují dosažení požadovaných bezpečnostních funkcí [16]. Bezpečnostní vrstvu je třeba považovat za bezpečnostní opatření, které nelze rozložit do redundantních (záložních) částí. V části 6.2.2 je podrobně definováno, jak je v ní tento termín používán.

**dávka (dose).** Míra energie sdělené zářením látce [16]. Kdykoli je toto slovo použité v konkrétní definici, je třeba uvést další upřesnění, jako je absorbovaná dávka, efektivní dávka, celotělové ozáření, dávka vážená RBE (relativní biologickou účinností).

**dávková optimalizační mez (dose constraint).** Do budoucna směřované omezení individuální dávky ze zdroje, které slouží jako horní hranice dávky při optimalizaci ochrany a bezpečnosti vzhledem k tomuto zdroji [16].

**dávkový limit (dose limit).** Hodnota efektivní nebo ekvivalentní dávky (pro radiačního pracovníka nebo pro jednotlivce z obyvatel), která nesmí být překročena [14]. Existuje celá řada limitů, které je třeba brát v úvahu, včetně celotělové efektivní dávky, dávky na kůži, dávky na končetiny a dávky na oční čočku.

**deterministický účinek (deterministic effect).** Zdravotní účinek záření, pro nějž obecně existuje prahová dávka, nad níž se závažnost účinků zvyšuje se zvyšující se dávkou [14].

*Poznámka:* Úroveň prahová dávky je charakteristikou jednotlivých zdravotních účinků, ale může rovněž záležet, v omezeném rozsahu, na ozáření osobě. Příklady deterministických účinků zahrnují zarudnutí kůže a nemoc z ozáření.

**efektivní dávka (effective dose).** Dávková veličina vyjadřující velikost radiační újmy, kterou dávka pravděpodobně způsobí. Hodnoty efektivní dávky jakéhokoliv typu záření a způsobu ozáření je možné porovnávat přímo. Je definována jako součet ekvivalentních dávek v jednotlivých tkáních násobených příslušným tkáňovým váhovým faktorem:

$$E = \sum_T w_T H_T$$

kde  $H_T$  je ekvivalentní dávka ve tkáni nebo orgánu T a  $w_T$  je tkáňový váhový faktor. Z definice ekvivalentní dávky, vyplývá, že:

$$E = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

kde  $w_R$  je radiační váhový faktor pro záření R a  $D_{T,R}$  je střední absorbovaná dávka ze záření R v orgánu nebo tkáni T [14].

Jednotkou efektivní dávky je sievert (Sv), který se rovná jednomu J/kg. Jako jednotka ekvivalentní a efektivní dávky se někdy používá rem, který se rovná 0,01 Sv.

**ekvivalentní dávka (equivalent dose).** Míra dávky na tkáň nebo orgán vyjadřující velikost způsobené újmy. Hodnoty ekvivalentní dávky jakéhokoliv typu záření v dané tkáni je možné porovnávat přímo. Ekvivalentní dávka je definována jako veličina  $H_{T,R}$ :

$$H_{T,R} = w_R D_{T,R}$$

kde  $D_{T,R}$  je střední absorbovaná dávka ze záření R ve tkáni či orgánu T a  $w_R$  je radiační váhový faktor pro záření R. Je-li radiační pole složené z různých typů záření s různými hodnotami  $w_R$ , je ekvivalentní dávka:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

Jednotkou ekvivalentní dávky je sievert (Sv), který se rovná 1 J/kg. Jako jednotka ekvivalentní a efektivní dávky je někdy používána jednotka rem, která se rovná 0,01 Sv.

**generátor záření (radiation generator).** Zařízení schopné generovat záření, např. rentgenové záření, neutrony, elektrony nebo jiné nabitě částice, které lze použít pro vědecké, průmyslové nebo lékařské účely [14].

**havárie (accident).** V rámci oznamování a analýzy událostí, je havárie událost, která vedla k významným důsledkům pro obyvatele, životní prostředí nebo jaderné zařízení. Příklady zahrnují smrtelné účinky na jednotlivce, velké uvolnění radioaktivity do životního prostředí, roztavení aktivní zóny reaktoru. Pro informování veřejnosti o významu události klasifikuje INES události do jedné ze sedmi úrovní a používá termín havárie pro události na úrovni 4 nebo vyšší. Události s menším významem jsou označeny jako nehody (incidents).

*Poznámka:* V analýzách bezpečnosti a bezpečnostních normách MAAE, byl termín „havárie“ používán mnohem obecněji ve významu "Každá neočekávaná událost, včetně provozních chyb, selhání zařízení či jiné nehody (neštěstí – „mishaps“), jejíž následky či možné následky nejsou zanedbatelné z hlediska ochrany nebo bezpečnosti" [14]. Tudíž události, které by mohly být považovány za havárie v souladu s definicemi bezpečnostních norem, mohou být ve veřejné komunikaci a terminologii INES haváriemi nebo nehodami. Tato upřesňující definice INES se používá, aby veřejnosti pomohla pochopit bezpečnostní význam události.

**iniciátor, iniciační událost (initiator, initiating event).** Iniciátor nebo iniciační událost je událost zjištěná v bezpečnostní analýze, která vede k odchylce od normálního provozního stavu a vyvolává jednu nebo více bezpečnostních funkcí.

**kontejnment (containment).** Metody nebo fyzické struktury určené k prevenci nebo řízení vypouštění a rozptylu radioaktivních látek [16].

**kultura bezpečnosti (safety culture).** Soubor charakteristik a postojů organizací a jednotlivců, který stanoví jako hlavní prioritu, že otázkám ochrany a bezpečnosti, je věnována pozornost podle jejich významu [14].

**limity a podmínky provozu (operational limits and conditions).** Soubor pravidel popisujících limity parametrů, provozuschopnost a provozní úrovně zařízení a personál

potvrzený dozorným orgánem pro bezpečný provoz povolovaného („autorizovaného“) zařízení [16]. (Ve většině zemí jsou pro jaderné elektrárny tyto ukazatele zahrnuty do tzv. technických specifikací – „Technical Specifications“).

**nehoda (incident).** V rámci oznamování a analýzy událostí, je slovo nehoda používáno k popisu událostí, které jsou méně závažné než havárie. Pro informování veřejnosti o významu události klasifikuje systém INES události do jedné ze sedmi úrovní a používá termín nehoda k popisu události až do stupně 3 včetně. Události většího významu se nazývají havárie.

**ochrana do hloubky (defence in depth).** Hierarchické rozmístění jednotlivých úrovní různorodých zařízení a postupů s cílem zabránit stupňování očekávaných provozních událostí a zachování účinnosti fyzických bariér umístěných mezi zdrojem záření či radioaktivní látkou a pracovníky, obyvateli nebo životním prostředím [16]. Pro další informace viz úvod Oddílů 4,5,6, přílohy I a INSAG-10 [17].

**opuštěný zářič (orphan source).** Radioaktivní zářič, který není pod kontrolou dozoru, ať už proto, že nikdy pod kontrolou dozoru nebyl, nebo proto, že byl opuštěn, ztracen, nesprávně uložen, odcizen nebo jinak přenesen bez řádného povolení [19].

**ozáření (exposure).** Akt nebo okolnosti, při kterých je subjekt vystaven záření [16].

*Poznámka:* Expozice (jako veličina) by neměla být používána jako synonymum pro dávku. Dávka je měřítkem účinků ozáření.

**poruchy se společnou příčinou (common cause failures – CCF).** Selhání dvou nebo více struktur, systémů nebo komponent (structures, systems or components – SSC) v důsledku jediné zvláštní události nebo příčiny [16]. Příkladem je nedostatek projektu, výrobní vada, chyby při provozu a údržbě, přírodní jev, lidmi vyvolané události, saturace signálů nebo neúmyslný kaskádní účinek jakékoliv jiné operace (jiného provozu) nebo selhání v rámci elektrárny (resp. zařízení) nebo účinek změn podmínek prostředí.

**povolované zařízení (authorized facility).** Zařízení, pro které byla vydána určitá forma povolení. Patří mezi ně: jaderná zařízení; ozařovací pracoviště, některá důlní zařízení a zařízení pro zpracování surovin, jako jsou uranové doly, zařízení pro nakládání s radioaktivními odpady a další místa, kde se vyrábějí, zpracovávají či používají radioaktivní látky, nebo se s nimi manipuluje, jsou skladovány nebo ukládány – nebo zařízení, kde jsou instalovány generátory záření – v takovém rozsahu (měřítku), že je nutná ochrana a bezpečnost.

**pracovník, radiační pracovník (worker).** Jakákoliv osoba, která je zaměstnána na plný úvazek, částečný úvazek, nebo dočasně, a která je seznámena s právy a povinnostmi ve vztahu k radiační ochraně při práci (Osoby samostatně výdělečně činné mají povinnosti obou – zaměstnavatele i pracovníka) [14].

**provozní organizace (operating organization).** Organizace, která žádá o povolení nebo má povolení („je autorizována“) k provozu povolovaného („autorizovaného“) jaderného zařízení a je odpovědná za jeho bezpečnost.

*Poznámka:* V praxi je provozní organizací pro povolované („autorizované“) zařízení zpravidla i držitel povolení (licence) nebo registrovaná osoba (registrant). Viz též provozovatel.



**provozní personál, obsluha (operating personnel).** Jednotliví pracovníci zaměstnaní v provozu povolených („autorizovaných“) zařízení.

**provozní prostor (operating area).** Provozní prostory jsou prostory, kam je pracovníkovi povolen přístup bez zvláštního povolení. Nepatří sem prostory, v nichž jsou vyžadována zvláštní opatření (nad obecné požadavky na osobní dozimetry nebo ochranné obleky) vzhledem k úrovni kontaminace nebo záření.

**provozovatel (operator).** Organizace nebo osoba žádající o povolení nebo organizace nebo osoba oprávněná (držitel povolení) nebo zodpovědná za jadernou bezpečnost, radiační ochranu, bezpečnost radioaktivních odpadů nebo bezpečnost při přepravě při provádění příslušných činností nebo v souvislosti s jakýmkoliv jaderným zařízením nebo zdrojem ionizujícího záření. To zahrnuje mimo jiné soukromé osoby, státní orgány, zasilatele nebo dopravce, držitele povolení, nemocnice, osoby samostatně výdělečně činné [16].

*Poznámka:* Pojem operátor zahrnuje jak ty, kteří přímo ovládají zařízení nebo řídí činnost při používání zdroje (jako jsou pracovníci defektoskopie nebo dopravci), tak ty, kteří v případě zdroje, který není pod kontrolou (jako ztracené nebo nezákonně přemístěné zdroje nebo vracející se satelity) za něj byli odpovědní před ztrátou kontroly.

*Poznámka:* synonymum s provozní organizací.

**provozní schopnost bezpečnostní funkce (operability of a safety function).**

Provozní schopnost bezpečnostní funkce může být: plná, minimálně požadovaná dle Limitů a podmínek provozu – LaP (Operational Limits and Conditions - OL&C), dostačující nebo nedostatečná, v závislosti na provozní schopnosti jednotlivých zálohovaných (redundantních) a různorodých (diversních) bezpečnostních systémů a komponent.

**provozní schopnost zařízení (operability of equipment).** Schopnost plnit požadované funkce požadovaným způsobem.

**přídavné faktory (additional factors).** Faktory, které mohou vést ke zvýšení základní klasifikace události. Přídavné faktory zohledňují ty aspekty události, které mohou indikovat hlubší (závažnější) narušení elektrárny nebo organizačního uspořádání zařízení.

Uvažované faktory jsou poruchy se společnou příčinou (CCF – Common Cause Failures), nedostatečnost postupů a nedostatky v kultuře bezpečnosti.

**radiační, radiologický (radiological).** V české terminologii se termín „radiologický“ používá spíše ve vztahu ke zdravotnictví. Ve spojitosti se zářením a ochranou před zářením se používá termín „radiační“. V případě úniku radioaktivních látek se používá termín „kontaminace radionuklidy“ (povrchová kontaminace, kontaminace vzduchu).

**radiační bariéry (radiological barriers).** Fyzické bariéry, které obsahují radioaktivní látky nebo stíní jednotlivce před zářením, vycházejícím z látky.

**radiační činnost (practice).** Každá lidská činnost, která zavádí další zdroje záření, nebo cesty ozáření nebo rozšíří ozáření na další osoby nebo změní síť expozičních cest z existujících zdrojů, aby zvýšila ozáření nebo pravděpodobnosti ozáření osob nebo počtu ozářených osob [ 14].

*Poznámka:* Pojmy jako „povolovaná činnost“, „kontrolovaná činnost“ a „regulovaná činnost“ se používají k odlišení činností, které podléhají dozoru, od jiných činností, které splňují definice radiační činnosti, ale kontrolu nepotřebují nebo jí nepodléhají.

**radioaktivní látka (radioactive material).** Látka, která na základě právních předpisů nebo rozhodnutí dozorného orgánu podléhá pro svoji radioaktivitu dozoru.

**radioaktivní zásilka (package).** Obalový soubor (obal) s radioaktivním obsahem určený k přepravě. Existuje několik typů radioaktivních zásilek:

1. vyjmutá zásilka;
2. průmyslová zásilka typ 1 (typ IP-1);
3. průmyslová zásilka typ 2 (typ IP-2);
4. průmyslová zásilka typ 3 (typ IP-3);
5. zásilka typ A;
6. zásilka typ B (U);
7. zásilka typ B (M);
8. zásilka typ C.

Podrobné specifikace a požadavky pro každý typ radioaktivní zásilky jsou uvedeny v Přepravních pravidlech [6].**radionuklidový zářič (radioactive source).** Radioaktivní látka, která je trvale uzavřena v kapsli nebo pevně vázána v pevné formě a která není zproštěna kontroly dozorem. Patří sem také jakákoliv uvolněná radioaktivní látka v případě, že radionuklidový zářič je netěsný nebo poškozený, ale nepatří sem látky zapouzdřené k uložení, nebo jaderný materiál v rámci jaderné palivového cyklu výzkumných a energetických reaktorů [19].

**roční dávka (annual dose).** Součet dávky v důsledku vnějšího ozáření a dávkového úvazku z příjmu radionuklidů za kalendářní rok [16].

**skutečné důsledky (actual consequences).** V této příručce se tento pojem vztahuje na důsledky klasifikované s použitím těchto kritérií pro posouzení dopadu na obyvatele a životní prostředí, stejně jako na radiační bariéry a opatření na zařízeních. Toto je v protikladu k událostem, klasifikovaným podle kritérií pro degradaci ochrany do hloubky, která se týká těch událostí, které nemají žádné skutečné důsledky, ale kde zavedená opatření k prevenci a zvládnutí havárií nepůsobí tak, jak bylo zamýšleno.

**stochastický účinek (stochastic effect).** Zářením vyvolaný zdravotní účinek, jehož pravděpodobnost výskytu je větší při vyšší dávce a jehož závažnost (pokud se vyskytne) je na dávce nezávislá [16].

*Poznámka:* Stochastické účinky se zpravidla vyskytují bez prahové úrovně dávky. Příklady zahrnují různé formy rakoviny a leukémie.

**štěpný materiál (fissile material).**  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ , nebo jakákoliv jiná kombinace těchto radionuklidů. Výjimkou z této definice jsou:

- (a) přírodní uran nebo ochuzený uran, který není ozářený, a
- (b) přírodní uran nebo ochuzený uran, které byl ozářen pouze v tepelných reaktorech [16].

**událost (event).** Každá událost, která vyžaduje zprávu dozornému orgánu nebo provozovateli nebo sdělení veřejnosti.

**vnější ozáření (external exposure).** Ozáření zdrojem mimo tělo [16].

**vnitřní ozáření (internal exposure).** Ozáření zdrojem uvnitř těla [16].

**vysoce spolehlivá bezpečnostní vrstva (highly reliable safety layer).** V některých případech může být k dispozici, taková doba, že může být dostupná celá řada potenciálních bezpečnostních vrstev. Přitom se v bezpečnostním ověření nepovažovalo za potřebné každou z nich podrobně identifikovat nebo začlenit do postupu podrobnosti, jak každou z nich zpřístupnit. V takových případech (za předpokladu, že existuje řada proveditelných opatření, která by mohla být zavedena), poskytuje tato dlouhá doba sama o sobě vysoce spolehlivou bezpečnostní vrstvu.

**vyšetřovací úroveň (investigation level).** Hodnota veličiny jako je efektivní dávka, příjem radionuklidů nebo plošná či objemová aktivita (kontaminace), na které nebo nad kterou, je doporučeno provést šetření.

**zádržný systém (confinement).** Prevence nebo kontrola úniků radioaktivních látek do životního prostředí za provozu nebo při nehodách [16].

*Poznámka:* Zádržný systém (confinement) významově úzce souvisí s termínem Kontejnment, ale zádržný systém se používá pro označení bezpečnostní funkce zabránění „úniku“ radioaktivních látek, zatímco Kontejnment se týká prostředků pro dosažení této funkce.

**základní klasifikace (basic rating).** Klasifikace před zohledněním přidavných faktorů. Je založena čistě na významnosti skutečného selhání zařízení nebo postupů.

**zdroj (source).** Cokoliv, co může způsobit ozáření – například emisí ionizujícího záření nebo uvolněním radioaktivních látek – a co může být považováno za samostatný objekt pro účely bezpečnosti a ochrany [16].

Například látky uvolňující radon jsou zdroji v životním prostředí, sterilizační gama ozařovač je zdrojem pro činnost konzervace potravin ozářením, rentgenový přístroj může být zdrojem pro činnost radiodiagnostiky; jaderná elektrárna je součástí činnosti, při které se vyrábí elektřina pomocí jaderného štěpení, a může být považována za zdroj (např. ve vztahu k výpustem do životního prostředí) nebo jako soubor zdrojů (např. pro účely radiační ochrany pracovníků).

**zdroj záření (radiation source).** Generátor záření, radionuklidový zářič nebo jiná radioaktivní látka mimo jaderný palivový cyklus výzkumných nebo energetických reaktorů [16].

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Ilustrace bezpečnostních opatření pro Příklad 41.....	104
Obr. 2. Ilustrace bezpečnostních zábran pro Příklady 44 a 46. ....	108
Obr. 3. Schéma chladicího systému pro Příklad 48. ....	112
Obr. 4. Obecný klasifikační postup INES .....	123
Obr. 5. Postup pro klasifikaci vlivu na lidi a životní prostředí .....	124
Obr. 6. Postup pro klasifikaci vlivu na radiační bariéry a kontroly na zařízeních.....	125
Obr. 7. Obecný postup pro klasifikaci vlivu na ochranu do hloubky. ....	126
Obr. 8. Postup pro klasifikaci vlivu na ochranu do hloubky pro přepravu a události se zdrojem záření.....	127
Obr. 9. Postup pro klasifikaci vlivu ochrany do hloubky pro reaktory na výkonu.....	128
Obr. 10. Postup klasifikace vlivu ochrany do hloubky pro zařízení palivového cyklu, výzkumné reaktory, urychlovače, nebo zařízení se zdroji Kategorie 1 a pro reaktory, které nejsou na výkonu. ....	129

**SEZNAM TABULEK**

TABULKA 1	OBEČNÁ KRITÉRIA PRO HODNOCENÍ UDÁLOSTÍ V INES.....	9
TABULKA 2.	RADIAČNÍ ROVNOCENNOSTI <sup>131</sup> I PRO ÚNIKY DO OVZDUŠÍ.....	18
TABULKA 3.	PŘEHLED KLASIFIKACE NA ZÁKLADĚ DÁVEK OBDRŽENÝCH JEDNOTLIVCI.....	22
TABULKA 4.	RADIAČNÍ EKVIVALENCE PRO KONTAMINACI ZAŘÍZENÍ.....	32
TABULKA 5.	VZTAH MEZI POMĚREM A/D, KATEGORIÍ ZDROJE, MAXIMÁLNÍMI POTENCIÁLNÍMI DŮSLEDKY A KLASIFIKACÍ DLE OCHRANY DO HLOUBKY .....	40
TABULKA 6	KLASIFIKACE UDÁLOSTI PRO ZTRACENÉ NEBO NALEZENÉ RADIOAKTIVNÍ ZDROJE (ZÁŘIČE), ZAŘÍZENÍ OBSAHUJÍCÍ ZÁŘIČE, NEBO RADIOAKTIVNÍ ZÁSILKY .....	44
TABULKA 7.	KLASIFIKACE UDÁLOSTI PRO UDÁLOSTI ZAHRNÚJÍCÍ NEDOSTATEK (DEGRADACI) BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ (PŘEDPISŮ).....	45
TABULKA 8.	KLASIFIKACE JINÝCH BEZPEČNOSTNĚ RELEVANTNÍCH UDÁLOSTÍ .....	48
TABULKA 9.	UDÁLOSTI SE SKUTEČNÝM (REÁLNÝM) INICIÁTOREM .....	65
TABULKA 10.	UDÁLOSTI BEZ SKUTEČNÉHO (REÁLNÉHO) INICIÁTORU .....	67
TABULKA 11.	KLASIFIKACE UDÁLOSTÍ POMOCÍ BEZPEČNOSTNÍCH ZÁBRAN.....	94
TABULKA 12.	PŘÍKLADY ILUSTRUJÍCÍ KRITÉRIA INES PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ V JADERNÝCH ZAŘÍZENÍCH.....	130
TABULKA 13.	PŘÍKLADY ILUSTRUJÍCÍ INES PRO KLASIFIKACI UDÁLOSTÍ ZAHRNÚJÍCÍCH ZDROJE ZÁŘENÍ A PŘEPRAVU .....	131
TABULKA 14.	FAKTORY PRO KONTAMINACI ZAŘÍZENÍ (POUZE INHALAČNÍ) .....	134
TABULKA 15.	ATMOSFÉRICKÝ ÚNIK: DÁVKY Z POZEMNÍ DEPOZICE A INHALACE .....	135
TABULKA 16.	RADIOLOGICKÁ EKVIVALENCE .....	136
TABULKA 17.	PRAVDĚPODOBNOST FATÁLNÍCH DETERMINISTICKÝCH ÚČINKŮ ZPŮSOBENÝCH VYŠŠÍ EXPOZICÍ .....	137
TABULKA 18.	PRAHOVÉ HODNOTY RBE-VÁŽENÝCH DÁVEK Z VNĚJŠÍHO OZÁŘENÍ .....	138
TABULKA 19.	PRAHOVÉ HODNOTY ÚVAZKU RBE-VÁŽENÉ DÁVKY Z VNITŘNÍHO OZÁŘENÍ.....	139
TABULKA 20.	RBE POUŽÍVANÉ PRO TĚŽKÉ DETERMINISTICKÉ ZDRAVOTNÍ ÚČINKY.....	140
TABULKA 21.	D2 HODNOTY PRO ŘADU ISOTOPŮ .....	141
TABULKA 21.	D2 HODNOTY PRO ŘADU IZOTOPŮ (pokr.) .....	142
TABULKA 22.	D HODNOTY PRO ŘADU ISOTOPŮ .....	143
TABULKA 23.	KATEGORIZACE V BĚŽNÉ PRAXI .....	145
TABULKA I-1.	OCHRANA DO HLOUBKY V PROJEKTU A PROVOZU.....	150

**SEZNAM PŘÍKLADŮ**

Příklad 1. Nadměrné ozáření elektrikáře v nemocnici - Stupeň 2 .....	23
Příklad 2. Nadměrné ozáření pracovníka defektoskopie - Stupeň 2 .....	24
Příklad 3. Nadměrné ozáření pracovníka defektoskopie v průmyslu - Stupeň 3.....	24
Příklad 4. Porušení („breakup“) opuštěného vysoce radioaktivního zdroje – Stupeň 5.....	25
Příklad 5. Únik jódu-131 z reaktoru - Stupeň 5 .....	26
Příklad 6. Přehřátí skladovací nádrže vysoce radioaktivního odpadu v zařízení na přepřacování paliva - Stupeň 6.....	27
Příklad 7. Velké uvolnění aktivity po kritické havárii a požáru - Stupeň 7 .....	28
Příklad 8. Událost v laboratoři produkující radioaktivní zdroje – Pod stupnicí/Stupeň 0 ...	33
Příklad 9. Poškození paliva v reaktoru - Pod stupnicí/Stupeň 0.....	33
Příklad 10. Rozlité kapaliny znečištěné plutoniem na podlahu laboratoře - Stupeň 2.....	34
Příklad 11. Získávání plutonia v zařízení na přepřacování paliva - Stupeň 2.....	35
Příklad 12. Evakuace v blízkosti jaderného zařízení - Stupeň 4 .....	35
Příklad 13. Tavení aktivní zóny reaktoru - Stupeň 5 .....	36
Příklad 14. Odstavení („detachment“) a obnova průmyslového radiografického zdroje (zářiče) - Pod stupnicí/Stupeň 0 .....	49
Příklad 15. Vykojení vlaku s vyhořelým palivem - Pod Stupnicí/Stupeň 0.....	49
Příklad 16. Obalový soubor poškozený vysokozdvížným vozíkem - Pod Stupnicí/Stupeň 0 .....	50
Příklad 17. Ukradený zdroj pro průmyslovou defektoskopii - Stupeň 1 .....	51
Příklad 18. Různé radiační zdroje nalezené v kovovém šrotu - Stupeň 1 .....	51
Příklad 19. Ztráta měřiče hustoty - Stupeň 1.....	52
Příklad 20. Odcizení radiačního zdroje během přepravy - Stupeň 1 .....	53
Příklad 21. Rozptýlení radioaktivních látek v oddělení nukleární medicíny - Stupeň 1 .....	54
Příklad 22. Srážka vlaku s dopravním prostředkem přepravujícím radioaktivní zásilky - Stupeň 1 .....	54
Příklad 23. V přepravních kontejnerech pokládáných za prázdné bylo zjištěno, že obsahují jaderný materiál - Stupeň 1 .....	55
Příklad 24. Podezřelá dávka na filmovém dozimetru (badge) - Stupeň 1 .....	56
Příklad 25. Roztavení opuštěného zdroje - Level 2 .....	57
Příklad 26. Ztráta radioterapeutického zdroje o vysoké aktivitě - Stupeň 3.....	58
Příklad 27. Odstavení reaktoru po pádu regulačních tyčí - Pod stupnicí/Stupeň 0 .....	72
Příklad 28. Únik chladiva reaktoru v průběhu výměny za provozu reaktoru na výkonu - Stupeň 1 .....	73
Příklad 29. Sprchový systém kontejnmentu nebyl v pohotovosti, protože ventily zůstaly v uzavřené poloze - Stupeň 1 .....	74
Příklad 30. Únik vody z primárního okruhu přes prasklou membránu („disk“) barbotážní nádrže („discharge tank“) kompenzátoru objemu - Stupeň 1.....	75
Příklad 31. Pád palivového souboru při výměně paliva - Stupeň 1 .....	76
Příklad 32. Nesprávná kalibrace regionálních detektorů převýšení výkonu – Stupeň 1 ....	77
Příklad 33. Porucha bezpečnostního podsystému při rutinním testování - Stupeň 1 .....	78
Příklad 34. Projekt elektrárny pro události se zaplavením nemůže zmírnit následky poruch potrubního systému - Stupeň 1.....	79
Příklad 35. Dva havarijní (nouzové) dieselgenerátory nenastartovaly po odpojení dodávky energie z hlavní sítě - Stupeň 2.....	80
Příklad 36. Ztráta nuceného oběhu plynu po dobu 15 až 20 minut - Stupeň 2 .....	82
Příklad 37. Malá netěsnost (únik) primárního okruhu - Stupeň 2.....	83
Příklad 38. Částečné ucpání vtoku vody při chladném počasí - Stupeň 3 .....	84



Příklad 39. Odstavení bloku způsobené narušením sítě v důsledku tornáda – Stupeň 3 .....	85
Příklad 40. Úplný výpadek elektrárny (black-out) v důsledku požáru v budově turbíny - Stupeň 3 .....	86
Příklad 41. Ztráta chlazení při odstavení v důsledku zvýšení tlaku chladiva – Pod stupnicí/Stupeň 0 .....	103
Příklad 42. Ztráta chlazení při odstavení z důvodu falešné funkce (provozu) tlakových senzorů - Pod Stupnicí/Stupeň 0 .....	104
Příklad 43. Úplná ztráta chlazení při odstavení - Stupeň 1 .....	106
Příklad 44. Ztráta chlazení při odstavení v důsledku zvýšení tlaku chladiva – Stupeň 2 .....	107
Příklad 45. Ztráta chlazení při odstavení z důvodu falešné funkce tlakových senzorů - Stupeň 3 .....	108
Příklad 46. Ztráta chlazení při odstavení v důsledku zvýšení tlaku chladiva – Stupeň 3 .....	109
Příklad 47. Natlakování objemu nad hladinou kapaliny v nádobě pro rozpouštění palivových proutků - Pod stupnicí/Stupeň 0 .....	110
Příklad 48. Ztráta chlazení v malém výzkumném reaktoru - Pod stupnicí/Stupeň 0 .....	111
Příklad 49. Vysoká úroveň radiace v jaderném recyklačním zařízení – Pod stupnicí/Stupeň 0 .....	112
Příklad 50. Pracovník obdržel kumulativní celotělovou dávku vyšší než je dávkový limit - Stupeň 1 .....	114
Příklad 51. Porucha kontroly kritičnosti - Stupeň 1 .....	115
Příklad 52. Prodloužená ztráta větrání na zařízení pro zpracování paliva - Stupeň 1 .....	116
Příklad 53. Porucha blokovacího systému stínících dveří - Stupeň 2 .....	117
Příklad 54. Exkurze výkonu ve výzkumném jaderném reaktoru během zavážení paliva - Stupeň 2 .....	118
Příklad 55. Téměř dosažení kritičnosti v jaderném recyklačním zařízení - Stupeň 2 .....	119

**PŘISPĚVATELÉ KE KONCEPTU A REVIZI****ČLENOVÉ PORADNÍ KOMISE INES (INES ADVISORY COMMITTEE  
(k 30. červnu 2008))**

Abe, K.	Japan Nuclear Energy Safety Organization, Japan
Dos Santos, R.	National Nuclear Energy Commission, Instituto de Radioprotecao e Dosimetria , Brazil
Gauvain, J.	Nuclear Energy Agency/Organisation for (OECD/NEA liaison) Economic Co-operation and Development
Jones, C.G.	Nuclear Regulatory Commission, United States of America
Jouve, A.	Autorité de Sûreté Nucléaire, France
Ramirez, M.L.	Consejo de Seguridad Nuclear, Spain
Sharma, S.K.	Department of Atomic Energy, India
Spiegelberg Planer, R.	International Atomic Energy Agency (IAEA INES Coordinator)
Stott, A.K.	Eskom Holding Limited, South Africa
van Iddekinge, F.	Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, Netherlands
Vlahov, N.	Nuclear Regulatory Agency, Bulgaria
Woodcock, C.	Sellafield Ltd., United Kingdom

**NÁRODNÍ KOORDINÁTOŘI INES (INES NATIONAL OFFICERS  
(k 30.červnu 2008))**

Agapov, A.M.	Ministry of the Russian Federation for Atomic Energy, Russian Federation
Al-Suleiman, K.M.	King Abdulaziz City for Science and Technology, Saudi Arabia
Ananenko, A.	State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine, Ukraine
Assi, M.	Lebanon Atomic Energy Commission, Lebanon
Basaez Pizarro, H.	Comision Chilena de Energia Nuclear, Chile
Belamarić, N.	State Office for Radiation Protection, Croatia
Bermudez Jimenez, L.A.	Comision de Energia Atomica, Costa Rica
Breuskin, P.	Ministry of Health, Luxembourg
Cao, S.	China Atomic Energy Authority, China
Chande, S.K.	Atomic Energy Regulatory Board, India
Ciurea-Ercau, C.M.	National Commission for Nuclear Activities Control, Romania

Coenen, S.	Federal Agency for Nuclear Control, Belgium
Freire de Nave, D.Y.	General Directorate of Nuclear Energy, Guatemala
Glazunov, A.	Ignalina Nuclear Power Plant, Lithuania
Gonzalez, V.	Comision Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, Mexico
Grimaldi, G.	Institute for Environmental Protection and Research, Italy
Gulol, O. O.	Turkish Atomic Energy Authority, Turkey
Guterres, R.	Comissão Nuclear de Energia Nuclear, Brazil
Heilbron, P.	Comissão Nuclear de Energia Nuclear, Brazil
Hofer, P.	Federal Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management, Austria
Hornkjol, S.	Norwegian Radiation Protection Authority, Norway
Huang, F.	Research Institute of Nuclear Power Operation, China
Isasia González, R.	Consejo de Seguridad Nuclear, Spain
Jones, R.	Nuclear Safety Directorate, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
Jones, C.G.	Nuclear Regulatory Commission, United States of America
Jouve, A.	Autorité de Sûreté Nucléaire, France
Jovanovic, S.	University of Montenegro, Faculty of Sciences, Montenegro
Kampmann, D.	Emergency Management Agency, Denmark
Kim, S.	Ministry of Science and Technology, Republic of Korea
Koskiniemi, T.	Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland
Larsson, N.	Swedish Radiation Safety Authority, Sweden
Lavalle Heilbron, P.F.	Comissão Nuclear de Energia Nuclear, Brazil
Linhart, O.	State Office for Nuclear Safety, Czech Republic
Linsenmaier, B.	Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, Switzerland
Maltezos, A.	Greek Atomic Energy Commission, Greece
Malu wa Kalenga	Commissariat General a l'Energie Atomique, Democratic Republic of the Congo
Mansoor, F.	Pakistan Atomic Energy Commission, Pakistan
Maqua, M.	Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit, Germany
Melkumyan, A.	Armenian Nuclear Regulatory Authority, Armenia

Metke, E.	Nuclear Regulatory Authority of the Slovak Republic, Slovakia
Morishita, Y.	Nuclear and Industrial Safety Agency, Japan
Mottl, V.	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, Australia
Muller, A.	National Nuclear Regulator, South Africa
Nemec, T.	Slovenian Nuclear Safety Administration, Slovenia
Nhi Dien, N.	Nuclear Research Institute, Vietnam
Nyisztor, D.	Hungarian Atomic Energy Authority, Hungary
Oliveira Martins, J.	Agência Portuguesa do Ambiente, Portugal
Palsson, S.E.	Icelandic Radiation Protection Institute, Iceland
Perez, S.	Autoridad Regulatoria Nuclear, Argentina
Pollard, D.	Radiological Protection Institute of Ireland, Ireland
Popov, B.	Institute of Energy Problems of the Academy of Sciences of Belarus, Belarus
Rahman, M.	Bangladesh Atomic Energy Commission, Bangladesh
Ramirez, R.	Instituto Peruano de Energia Nuclear, Peru
Rashad, S.	Atomic Energy Authority, Egypt
Ragheb, H.	Canadian Nuclear Safety Commission, Canada
Rastkhah, N.	Atomic Energy Organization of Iran, Islamic Republic of Iran
Sharipov, M.	Kazakhstan Atomic Energy Committee, Kazakhstan
Silva, W.A.P.	Atomic Energy Authority, Sri Lanka
Skarzewski, M.	State Inspectorate for Radiation and Nuclear Safety, Poland
Suman, H.	Atomic Energy Commission, Syrian Arab Republic
Suyama, K.	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan
Thielen, G.	Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit, Germany
Valcic, I.	State Office for Nuclear Safety, Croatia
van Iddekinge, F.	Ministry for Housing, Spatial Planning and Environment, Netherlands
Vinhas, L.	Comissão Nacional de Energia Nuclear, Brazil
Vlahov, N.	Nuclear Regulatory Agency, Bulgaria
Wild, V.	Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit, Germany
Yousef, S.	Ministry of Health, Kuwait
Zhang, F.	China Atomic Energy Authority, China

Zhuk, Y.

All-Russian Research Institute for Nuclear Power  
Plant Operation, Russian Federation

## INTERNATIONAL ORGANIZATIONS

O'Donovan, M. European Atomic Forum

Tallebois, C. European Atomic Forum

Welsh, G. World Association of Nuclear Operators

## IAEA REVIEWERS

Baciu, F.

Buglova, E.

Czarwinski, R.

Dodd, B. (*IAEA consultant*)

Eklund, M.

Friedrich, V.

Mc Kenna, T.

Spiegelberg Planer, R.

Wangler, M.

Wheatley, J.

### **Technical Committee Meetings**

Vienna, Austria: 1–4 July 2008

### **Consultants Meetings**

Cape Town, South Africa: 9–13 October 2006

Vienna, Austria: 4–8 June 2007, 10–21 September 2007, 18–22 February 2008

### **Meetings of the INES Advisory Committee**

Vienna, Austria: 19–23 March 2007, 17–20 March 2008

## Poznámka překladatele

V textu jsou někde používány nečeské anglickanismy, jejichž použití bylo vedeno snahou přiblížit odborný překlad co nejvíce originálu, tzn. použít i nečeský ekvivalent (který však je v češtině používán, resp. „přetvořené“ české slovo blíží se anglickému originálu) na úkor plynulosti textu, ale zřejmě přispívající k lepšímu pochopení překladu. V některých případech jsou uvedeny i dva a více ekvivalentů, když není úplně přesná ekvivalence českým výrazem, resp. ani z anglického textu není přesně patrný význam. Text je i bohatě doplněn přímo anglickými ekvivalenty (obvykle v uvozovkách).

Další snahou při přípravě překladu bylo používání důsledného jednotného názvosloví, které často vzniklo i při překladu a nemusí se úplně blížit přijímané veřejné či odborné praxi, resp. českému slovníku – často se jedná i o zavedení nových pojmů, resp. o použití slov, která jsou jinak běžně užívána v jiných spojeních.

Při překladu nebyla ve většině případech respektována potřeba českého jazyka v používání synonym, opět se snahou přiblížit se technickému textu a jeho jednoznačnosti.

Angličtina používá pro „nedodržení něčeho či odchýlení, porušení něčeho“ řadu výrazů jako např. violation, degradation, failure, fault, deficient, lack, fault, error atd., které byly překládány dle situace v textu se snahou o počestění, neboť v tomto případě použití důsledné ekvivalence často buď neexistuje nebo působí výrazně nečesky, nebo nelze vůbec použít (porušení, nedostatek, atd.)

Klasifikace INES jednoznačně rozlišuje pojem „accident“ a „incident“. Přestože se nabízelo přejmout při překladu v češtině používané termíny havárie a incident, nebylo toto přijato. Český výraz incident má bohužel v „běžné češtině“ poněkud odlišný význam a v některých případech působil rušivě. V překladu byly dodržovány pojmy „havárie“ a „nehoda“ (podobně jako v překladech předchozích revizí manuálu INES). Toto rozdělení odpovídá právě jen oblasti „hodnocení INES“, protože pojem nehoda může být všude jinde považován za synonymum pro havárii (například dnes „téměř již standardně“ používaný pojem „projektové nehody – design basis accident“). I v anglické terminologii není používání tohoto pojmu „úplně čisté“ – viz Slovník

Z hlediska zákona č.18/1997 Sb. ze dne 24. ledna 1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů lze v § 2 nalézt základní pojmy, vztažené k této terminologii, pod položkami k) a l):

k) **radiační nehodou** událost, která má za následek nepřipustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo nepřipustné ozáření fyzických osob,

l) **radiační havárií** radiační nehoda, jejíž následky vyžadují naléhavá opatření na ochranu obyvatel a životního prostředí.